



RANCANG BANGUN SISTEM DISTILASI AIR LAUT TENAGA SURYA TIPE *DOUBLE SLOPE* DENGAN PENAMBAHAN PELAT *ABSORBER* BENTUK GELOMBANG SEGITIGA DAN *REFLEKTOR INTERNAL*

Oktavianus Ama Ki'i
NRP. 1113201024

Dosen Pembimbing
Endarko, M.Si, Ph.D

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN INSTRUMENTASI JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2015



LATAR BELAKANG

PENDAHULUAN



Kebutuhan air bersih yang meningkat sedangkan ketersediaannya menurun



Tekhnologi pemurnian air garam dan air payau



Pemanfaatan energi terbarukan sebagai sumber energi untuk teknologi pemurnian air




Pemurnian air dengan metode distilasi tenaga surya




PENDAHULUAN


Penelitian Sebelumnya



Rada Z. Asadi, dkk (2013) mengolah air limbah menggunakan distilasi tenaga surya menunjukkan bahwa hasil distilasi tenaga surya bebas dari padatan, $93.8 \pm 1.4\%$ lebih rendah dalam hal COD (*Chemical Oxygen Demand*), $99.3 \pm 0.5\%$ dalam hal TDS (*Total Disolved Solid*), $85.7 \pm 12.7\%$ dalam hal TSS (*Total Suspended Solid*) dan $94.8 \pm 2.2\%$ dalam hal kekeruhan




Kabeel (2010) melakukan analisis biaya dari 17 desain distilasi tenaga surya dan menemukan bahwa desain distilasi tenaga surya tipe atap (*double slope*) memiliki produktivitas air bersih yang paling tinggi sebesar 1533 dan 1511 L/m² per tahun dan biaya yang lebih rendah yaitu 0.0135 dan 0.031 \$/L



Kalidasa dan Packdaman (2011) menemukan bahwa produktivitas distilasi tenaga surya dapat dimaksimalkan dengan meningkatkan luas permukaan dari bak penampung dengan cara menambahkan sirip persegi panjang dalam bak penampungan alat distilasi tenaga surya tipe *double slope*



Gawande dan Bhuyar (2012) menemukan bahwa kaca dengan ketebalan 3.5 mm memberikan hasil yang lebih maksimal dibandingkan dengan kaca dengan ketebalan 4 mm pada alat distilasi tenaga surya tipe *double slope*



Burbano (2014) menemukan bahwa bahan *isolator* berupa serbuk gergaji memberikan hasil yang lebih maksimal dari pada *Styrofoam* pada alat distilasi tenaga surya tipe *double slope*



PENDAHULUAN

Rumusan Masalah

- Bagaimana merancang dan membuat sistem distilasi air laut tenaga surya tipe *double slope single basin* dengan penambahan *absorber* aluminium berbentuk segitiga dan *reflektor* pada dinding bak penampungan
- Bagaimana proses perpindahan panas yang terjadi pada sistem distilasi air laut yang akan dirancang
- Bagaimana mendapatkan nilai produktivitas maksimum dan efisiensi dari sistem distilasi air laut yang dirancang

Batasan Masalah

- Variabel yang akan diteliti hanya tentang rata-rata jumlah air bersih yang dihasilkan dari sistem distilasi air yang telah di buat
- Analisa perpindahan panas dalam sistem distilasi
- Panas didalam alat distilasi air laut menyebar secara merata



PENDAHULUAN

Tujuan Penelitian



Merancang dan membuat sistem distilasi air laut tenaga surya dengan tipe *double slope single basin* dengan penambahan *absorber* aluminium berbentuk segitiga dan reflektor pada dinding bak penampung



Melakukan analisa perpindahan panas yang terjadi pada sistem distilasi air laut yang dirancang



Mendapatkan nilai produktivitas maksimum dan efisiensi dari sistem distilasi air laut yang dirancang



Kajian Pustaka

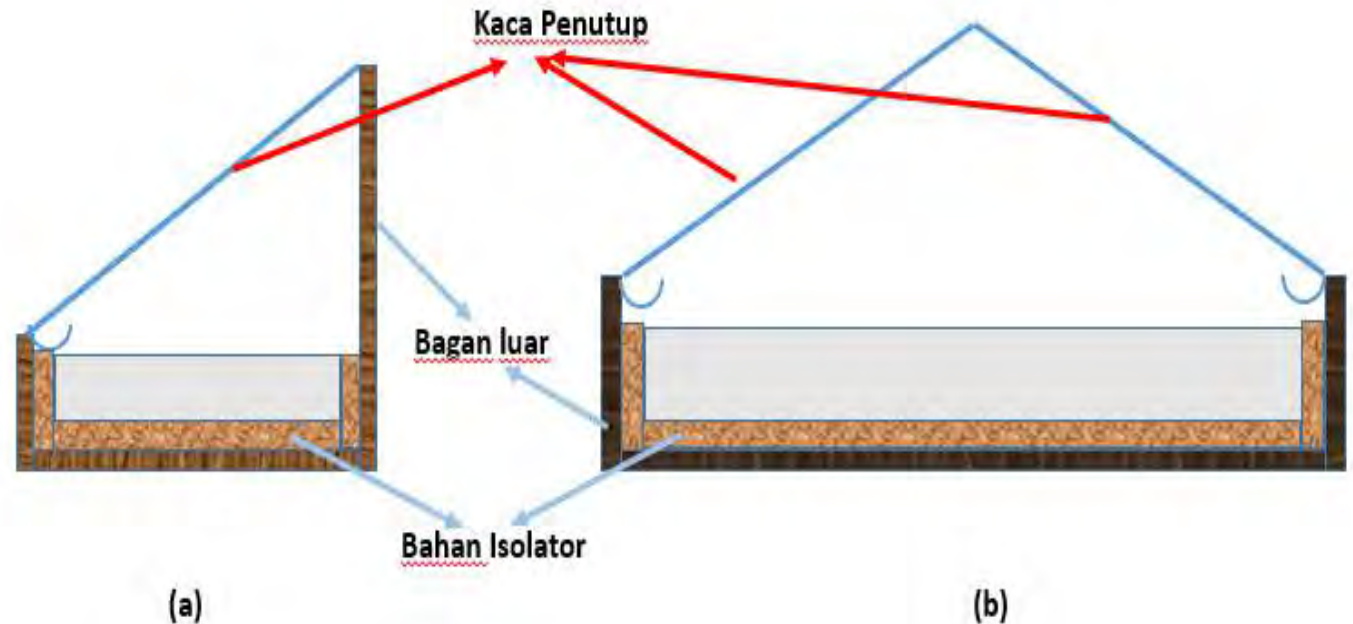
Sistem Distilasi Tenaga Surya

Sistem distilasi tenaga surya merupakan teknik yang memanfaatkan energi matahari untuk menghasilkan air bersih dari air payau atau air laut dimana di dalam alat distilasi tenaga surya terjadi proses penguapan dan pengembunan dalam sebuah ruang tertutup dan menyisakan bahan-bahan pengotor seperti bahan anorganik dan bahan kimia [M. R. Rajamanickam and A. Ragupathy, 2012].

Sistem distilasi tenaga surya konvensional



Distilasi Tenaga Surya
(a) tipe *Single Slope* dan
(b) tipe *Double Slope*





Kajian Pustaka

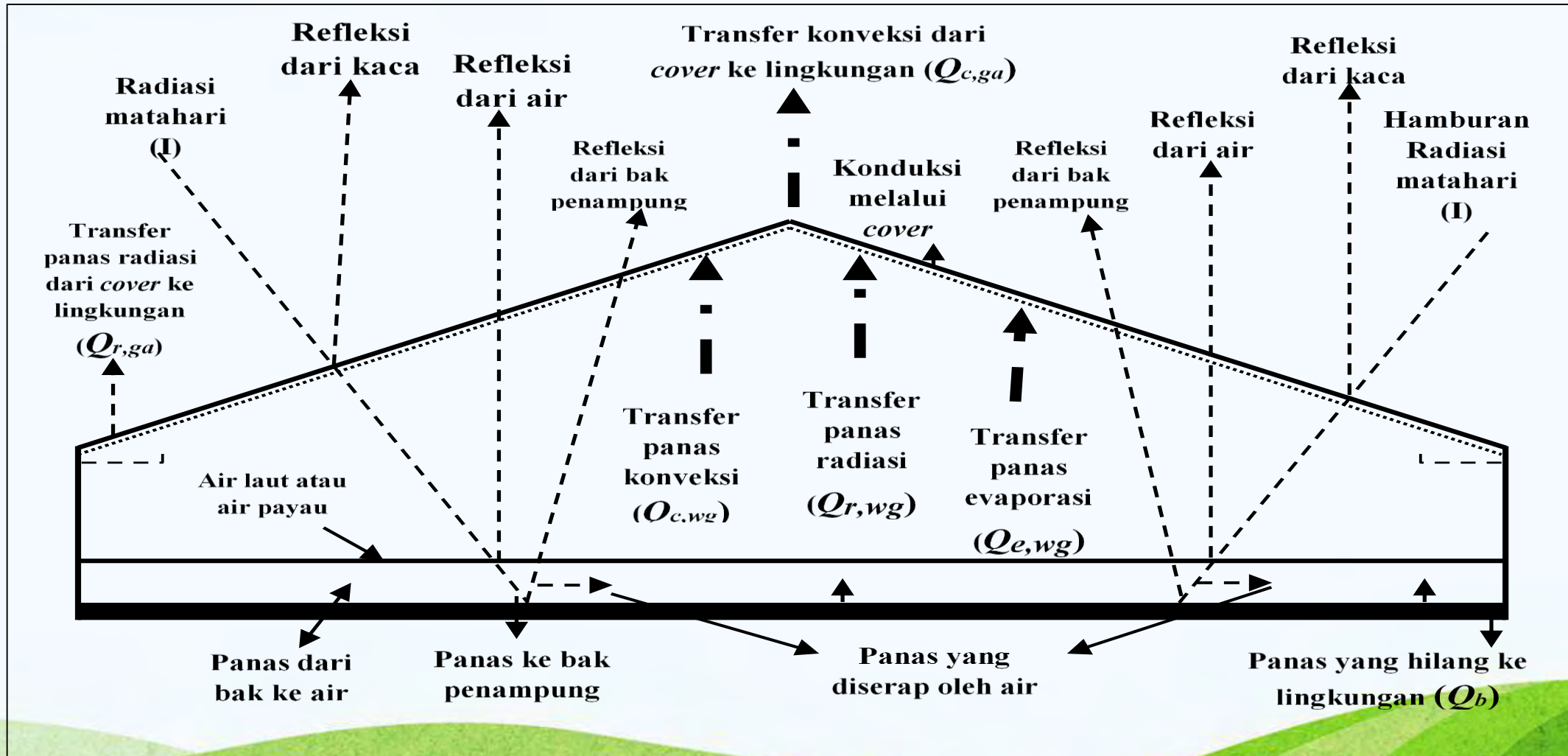
Parameter yang mempengaruhi produktivitas dari disilasi tenaga surya

- 1. Radiasi matahari**
- 2. Kecepatan angin**
- 3. Suhu lingkungan**
- 4. Single dan double slope**
- 5. Kedalaman air**
- 6. Sudut kemiringan dan ketebalan kaca penutup**
- 7. Luas permukaan pelat absorber panas**
- 8. Penambahan reflektor**



Kajian Pustaka

Perpindahan Panas didalam Alat Distilasi Tenaga Surya



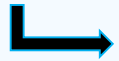


Kajian Pustaka

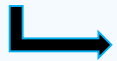
Persamaan Perpindahan Panas

1. Perpindahan panas secara konveksi dari air ke kaca dihitung dengan persamaan :

$$Q_{c, wg} = h_{c, wg} A_b (T_w - T_g)$$



$$h_{c, wg} = 0.884 \left[(T_w - T_g) + \frac{(p_w - p_g)(T_w + 273.15)}{268900 - p_w} \right]^{2/3}$$



$$p = 7235 - 431.43T + 10.76T^2$$

2. Perpindahan panas evaporasi dari air ke kaca dihitung dengan persamaan :

$$Q_{e, wg} = h_{e, wg} A_b (p_w - p_g)$$



$$h_{e, w} = 0.016273 h_{c, wg}$$

Keterangan:

$Q_{c, wg}$ = panas yang dipindahkan secara konveksi (Watt)

$Q_{e, wg}$ = panas yang dipindahkan secara evaporasi (Watt)

$h_{c, wg}$ = koefisien perpindahan panas konveksi (Watt/m²K)

$h_{e, wg}$ = koefisien perpindahan panas konveksi (Watt/m²K)

A_b = luas permukaan dasar bak penampung (m²)

T_w dan T_g = suhu air dan suhu kaca (°C)

p_w dan p_g = tekanan parsial pada permukaan air dan kaca (N/m²)



Kajian Pustaka

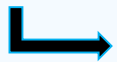
Persamaan Perpindahan Panas

3. Perpindahan panas radiasi dari air ke kaca dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_{r,wg} = \sigma \varepsilon_{wg} A_b [(T_w + 273.15)^4 - (T_g + 273.15)^4]$$

4. Perpindahan panas konveksi oleh permukaan atas kaca ke atmosfer sesuai dengan persamaan :

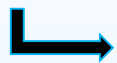
$$Q_{c,ga} = h_{c,ga} A_g (T_g - T_a)$$



$$h_{c,ga} = 5.7 + 3.8V$$

5. Perpindahan panas radiasi oleh kaca ke lingkungan dihitung dengan persamaan :

$$Q_{r,ga} = \sigma \varepsilon_g A_g [(T_g + 273.15)^4 - (T_{sky} + 273.15)^4]$$



$$T_{sky} = T_a - 6$$

Keterangan:

$Q_{r,wg}$ = panas yang dipindahkan secara radiasi dari air ke kaca (Watt)

$Q_{c,ga}$ = panas yang dipindahkan secara konveksi dari kaca ke atm (Watt)

$Q_{r,ga}$ = panas yang dipindahkan secara radiasi dari kaca ke lingkungan (Watt)

$h_{r,wg}$ = koefisien perpindahan panas radiasi dari air ke kaca (Watt/m²K)

$h_{c,wg}$ = koefisien perpindahan panas konveksi dari air ke kaca (Watt/m²K)

$h_{r,ga}$ = koefisien perpindahan panas radiasi dari kaca ke lingkungan (Watt/m²K)

A_g = luas permukaan kaca (m²)

T_w dan T_g = suhu air dan suhu kaca (°C)

p_w dan p_g = tekanan parsial pada permukaan air dan kaca (N/m²)



Kajian Pustaka

Persamaan Perpindahan Panas

6. Efisiensi dari alat distilasi tenaga surya dihitung menggunakan persamaan :

$$\eta = \frac{M \times h_{fg}}{A_b \times I(t) \times \Delta t} \times 100\%$$



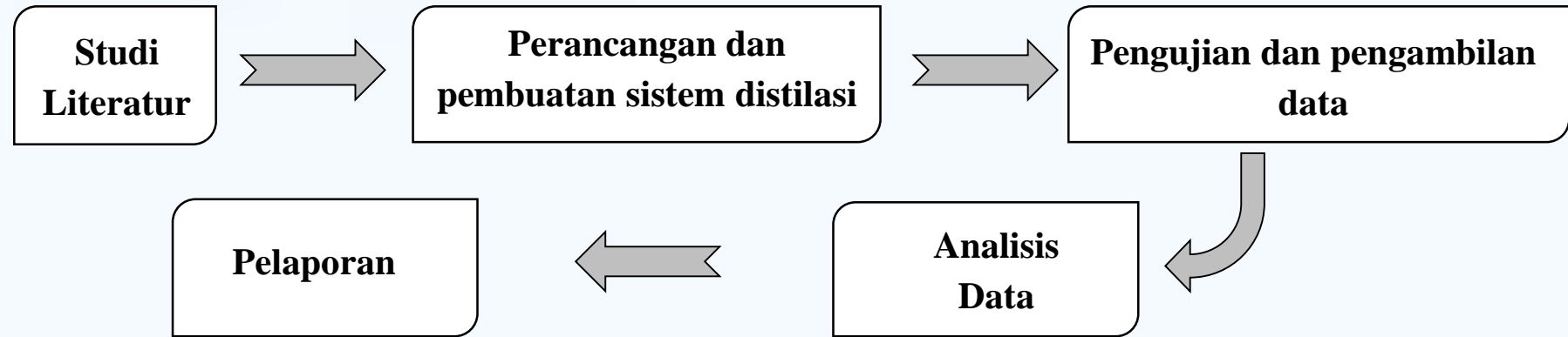
$$h_{fg} = (2503.3 - 2.398T) \times 1000$$

- H_{fg} merupakan panas laten penguapan (J/kg) dan merupakan fungsi suhu air
- M adalah massa total air yang diperoleh (kg) pada selang waktu Δt
- I merupakan radiasi matahari (Watt/m²)



METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan Penelitian



Alat dan Bahan

1. Termokopel sebagai sensor suhu dan Digital indikator termometer Lutron TM-903A 4 channels sebagai penampil data hasil pengukuran suhu,
2. Anemometer digital Dekko FM-7905C untuk mengukur kecepatan angin,
3. Solar Power Meter Tenmars TM-206 untuk mengukur intensitas radiasi matahari,
4. Gelas ukur untuk mengukur volume air.
5. **BAHAN** :Bahan yang diperlukan antara lain pelat Aluminium sebagai bahan dasar pembuatan bak penampung, kaca transparan sebagai *cover*, serbuk gergaji sebagai isolator panas dan air laut sebagai sampel.



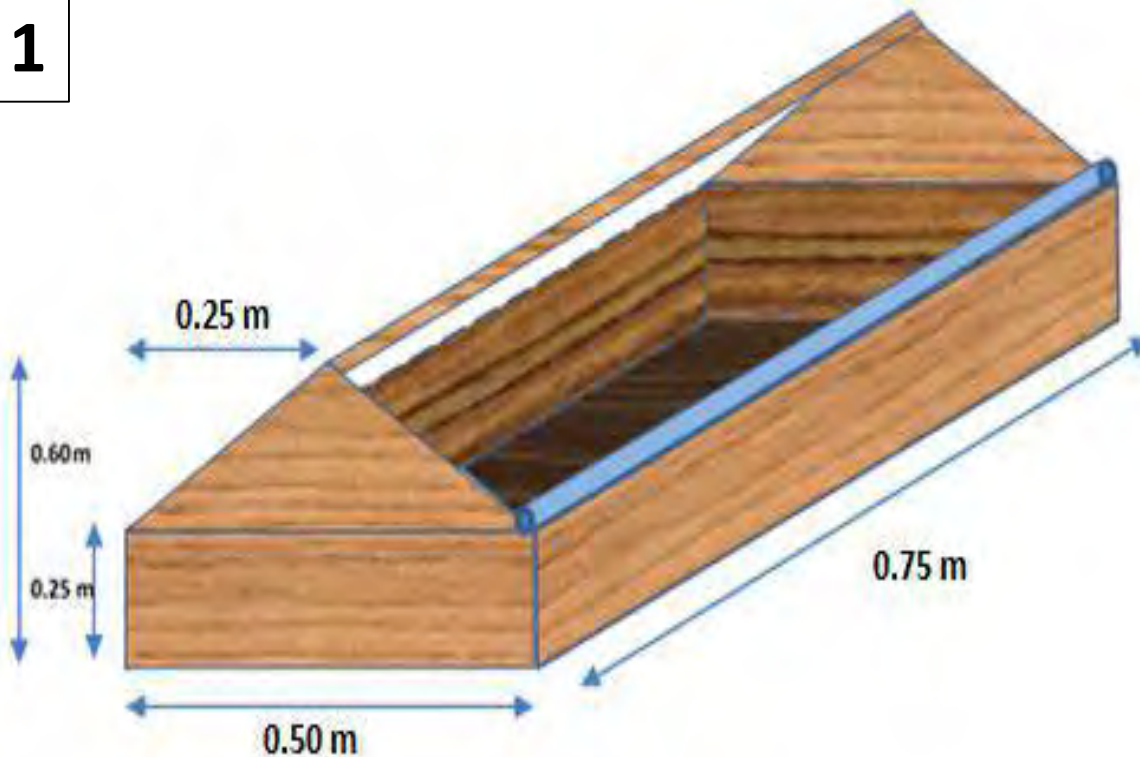
METODOLOGI PENELITIAN



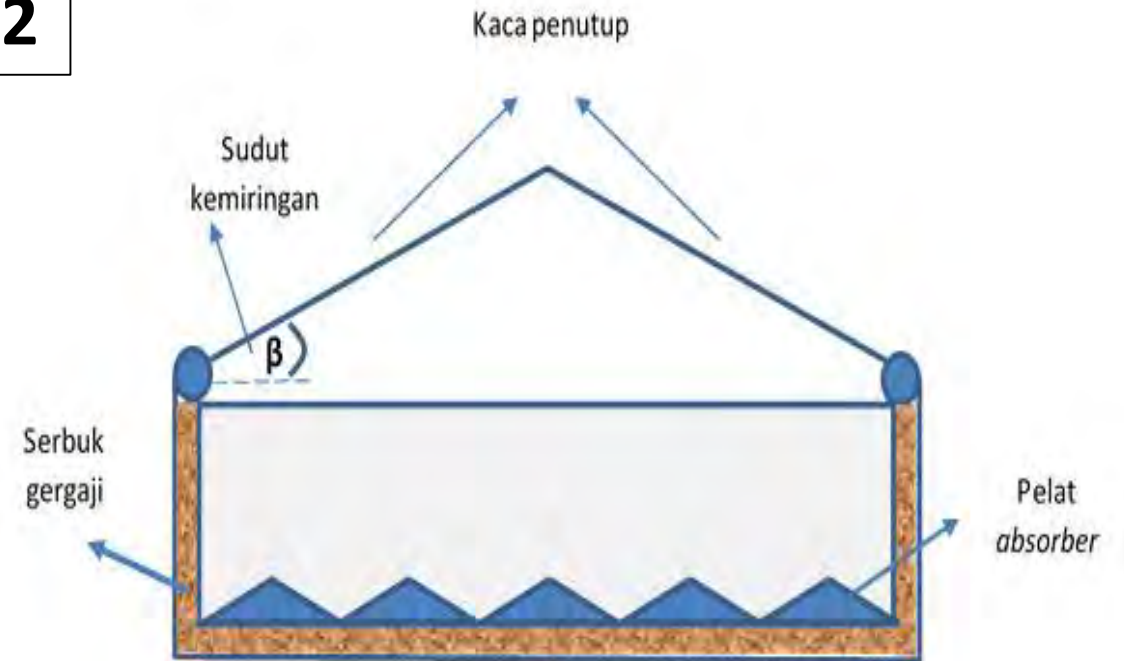
Perancangan alat Distilasi Tenaga Surya

1. Bagan luar alat distilasi tenaga surya tipe double slope
2. Pemasangan pelat absorber berbentuk gelombang segitiga (tampak samping)

1



2





METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur Kerja



Pengambilan Data

Pengujian dan pengambilan data yang dilakukan dalam beberapa tahapan eksperimen yaitu :

1. Pengujian alat distilasi + reflektor internal
2. Pengujian alat distilasi + reflektor *internal* + pelat *absorber*

Setiap tahapan eksperimen akan dilakukan pengukuran variabel sebagai berikut:

- Intensitas radiasi matahari yang diterima kedua sisi kaca penutup
- suhu permukaan atas dan bawah kedua sisi kaca penutup ($T_{g-in,12}$, $T_{g-out,12}$)
- suhu air didalam bak penampung (T_w)
- suhu lingkungan/ atmosfir (T_a)
- kecepatan angin (V)
- volume awal air dalam bak penampung sebelum dipanaskan
- volume air bersih yang dihasilkan



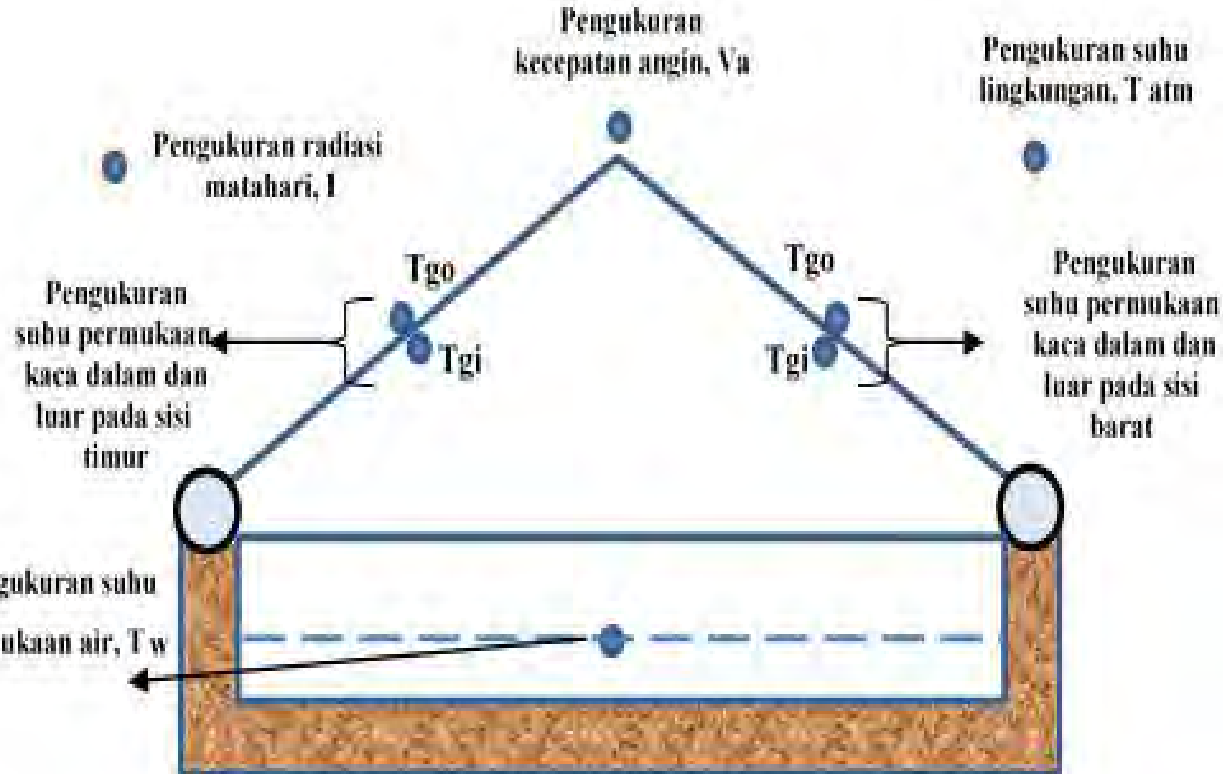
METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur Kerja



Pengambilan Data

1. Pengujian alat distilasi + reflektor internal



➤ Tahap I

- Tinggi permukaan air laut = $1.5 \times 10^{-2} \text{ m}$
- Volume air laut = 4 L

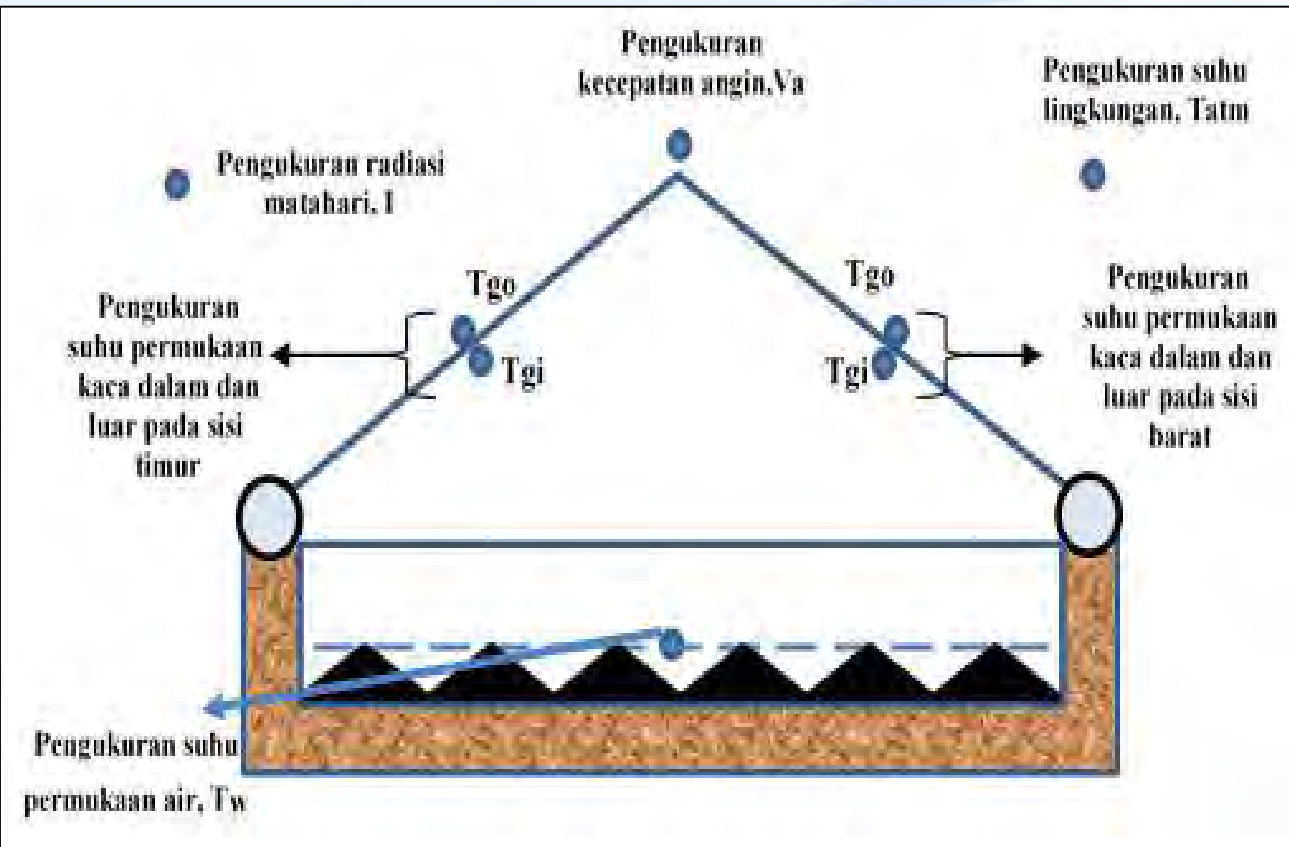
➤ Tahap II

- Tinggi permukaan air laut = $2.0 \times 10^{-2} \text{ m}$
- Volume air laut = 6 L

➤ Tahap III

- Tinggi permukaan air laut = $2.0 \times 10^{-2} \text{ m}$
- Volume air laut = 6 L
- Dasar bak penampung dicat hitam

2. Pengujian alat distilasi + cermin *internal* + pelat *absorber*



➤ Tahap IV

- Tinggi permukaan air laut = $1.5 \times 10^{-2} \text{ m}$
- Volume air laut = 2 L

➤ Tahap V

- Tinggi permukaan air laut = $2.0 \times 10^{-2} \text{ m}$
- Volume air laut = 4 L

➤ Tahap VI

- Tinggi permukaan air laut = $2.0 \times 10^{-2} \text{ m}$
- Volume air laut = 4 L
- Absorber dicat hitam

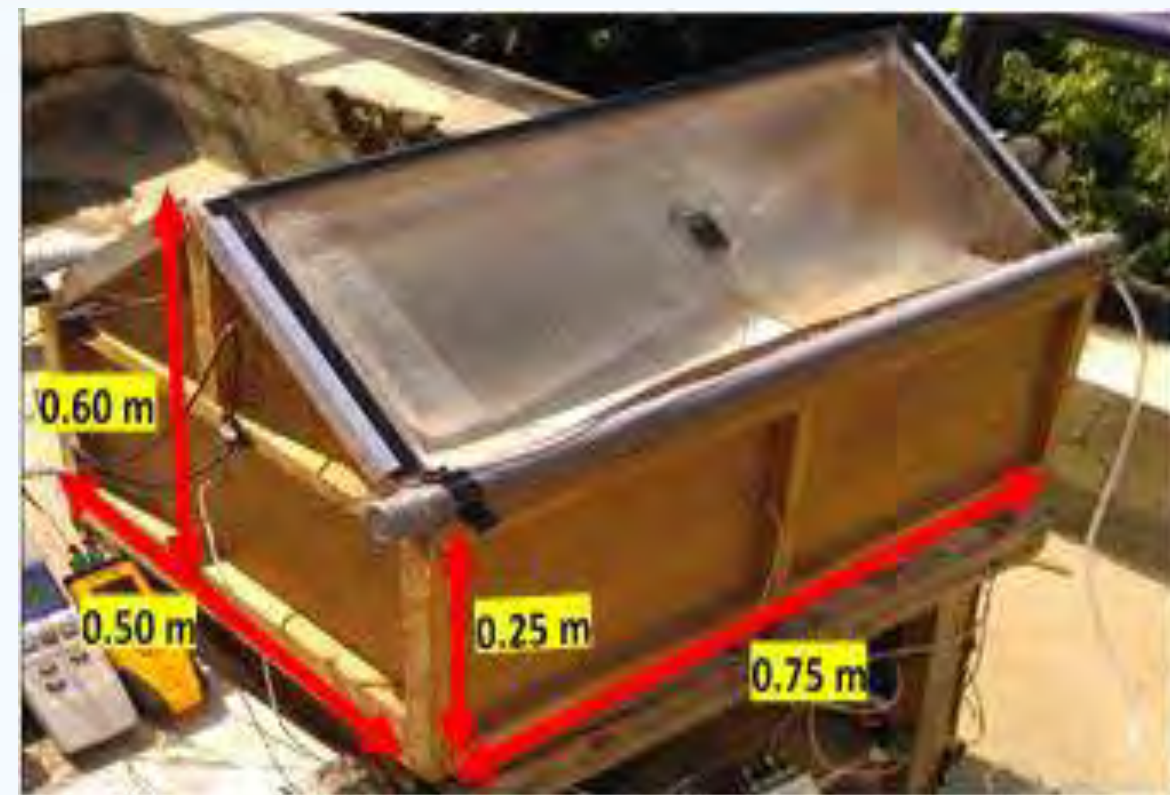


HASIL

Pembuatan Alat



Sistem Distilasi Air Laut Tenaga Surya





Absorber berbentuk gelombang segitiga

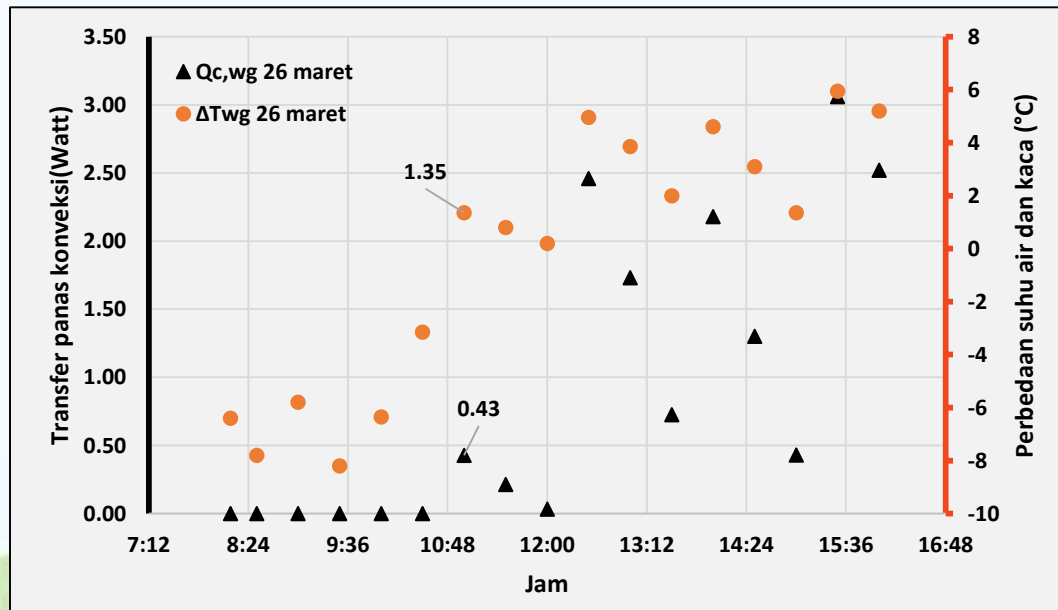
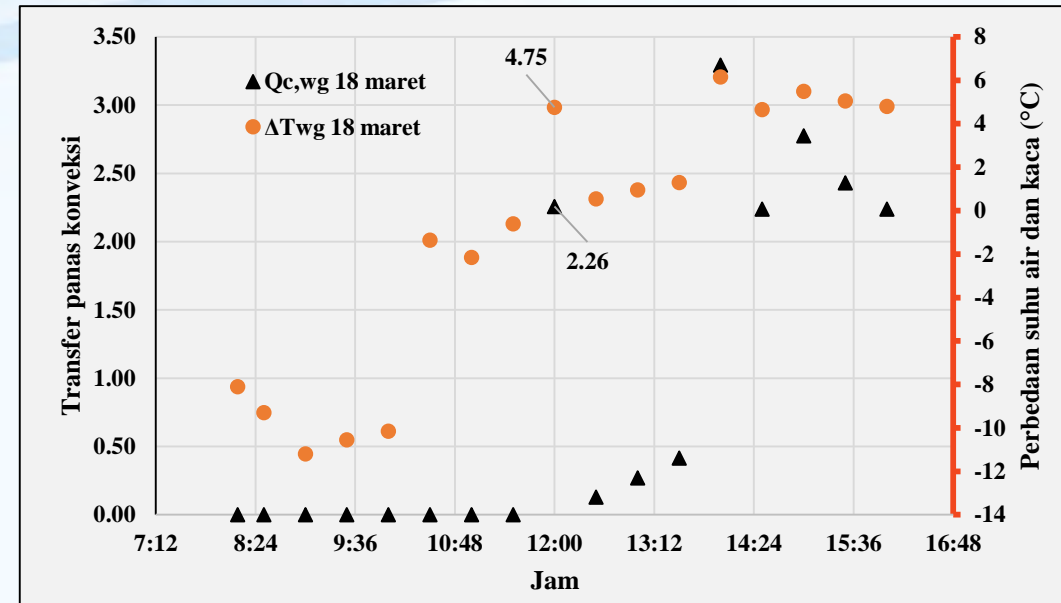
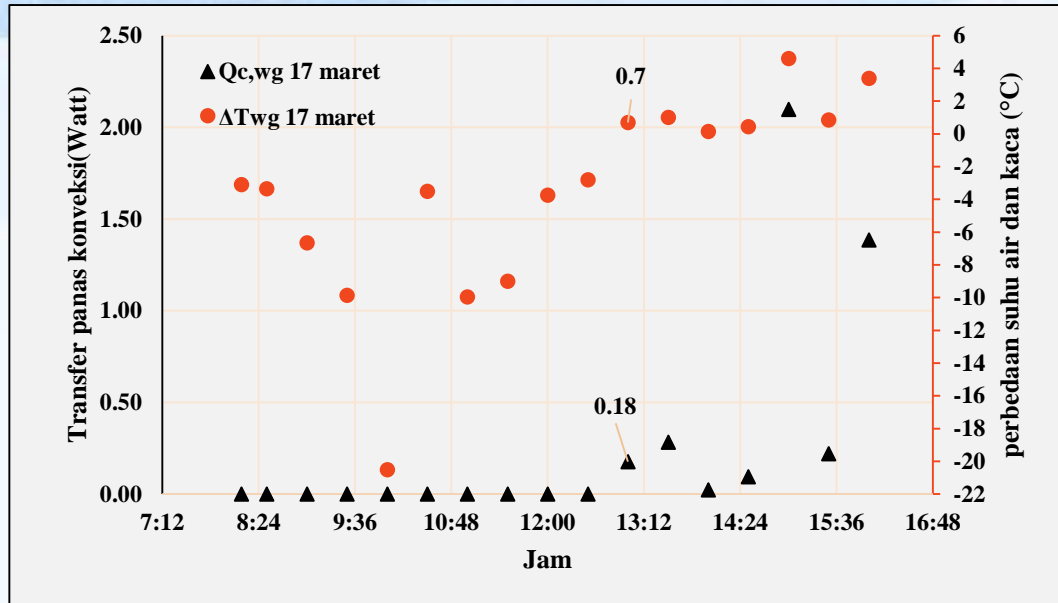




Pengujian Sistem Distilasi Air Laut Tenaga Surya

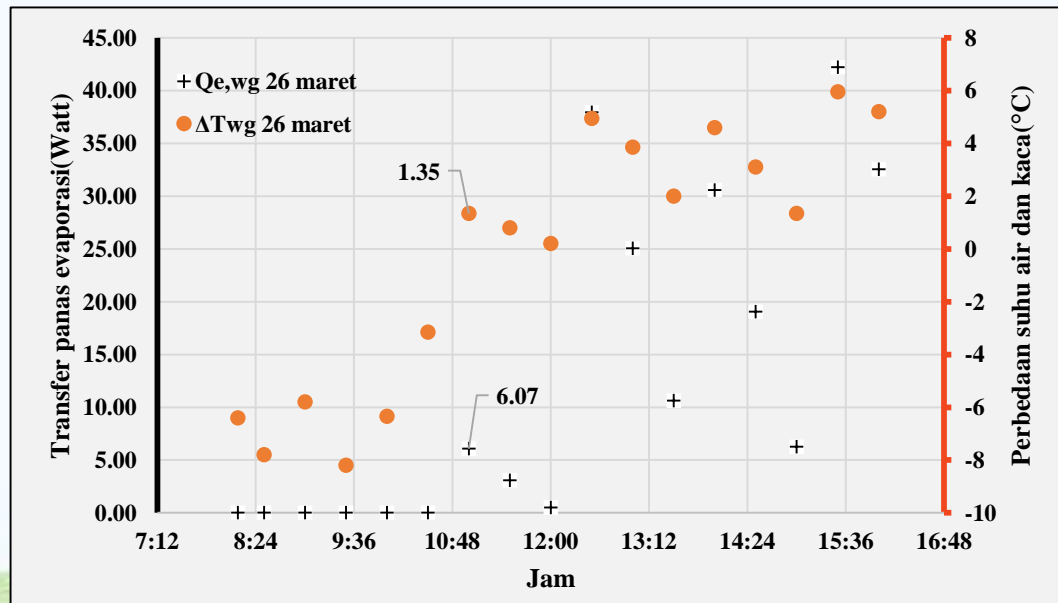
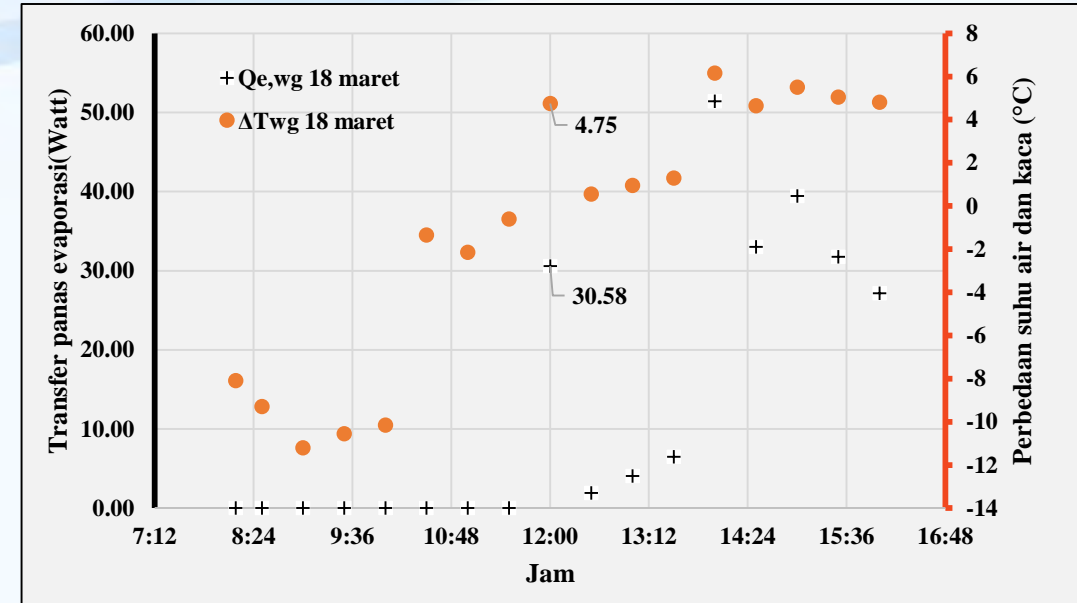
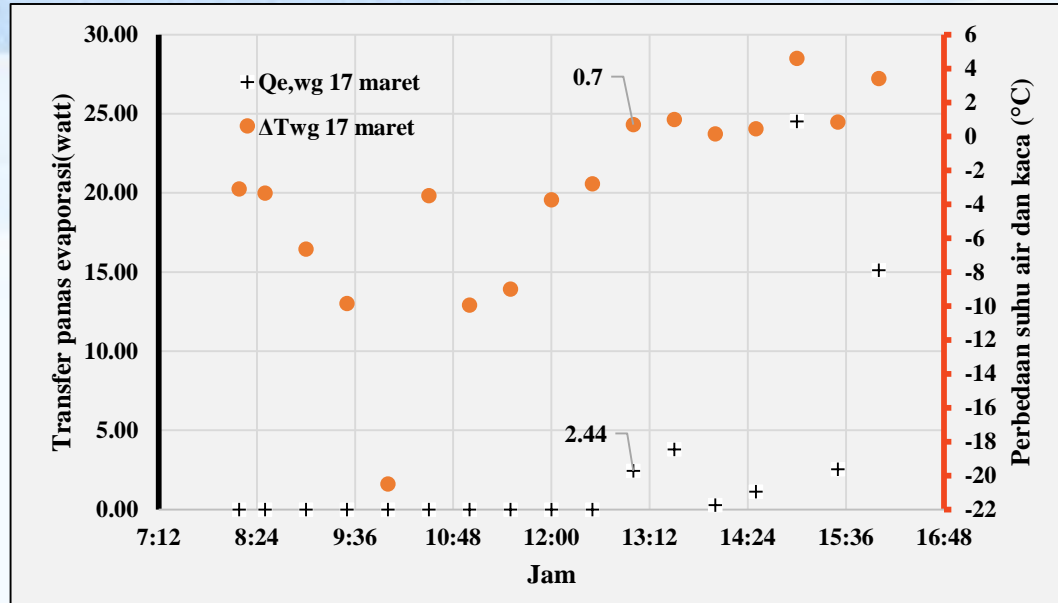


1. Perpindahan panas konveksi air – kaca pada tahap I (Distilasi tanpa menggunakan absorber, tinggi permukaan air 1.5 cm, volume air 4 L)



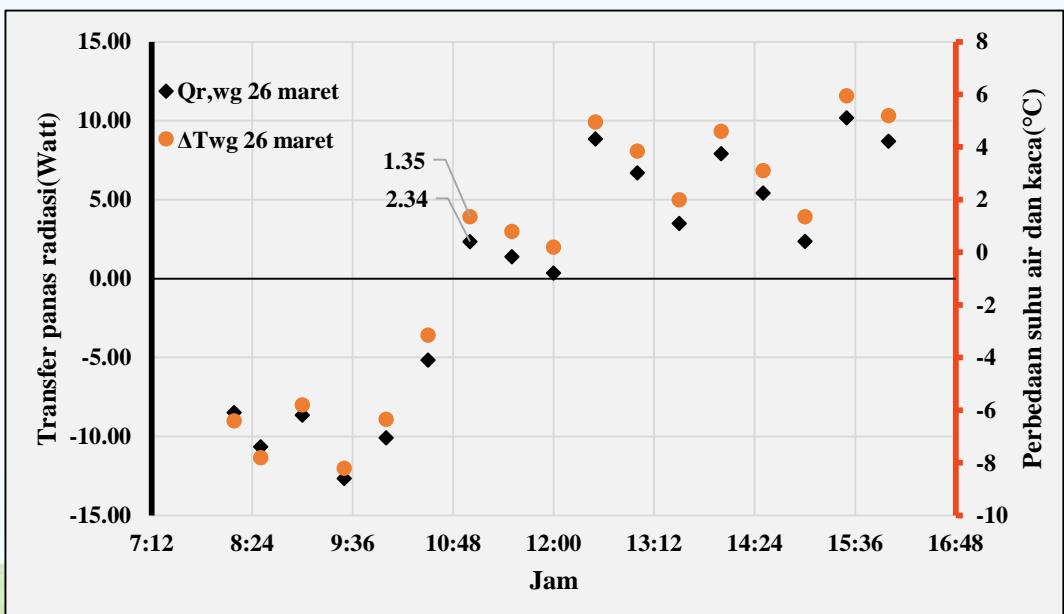
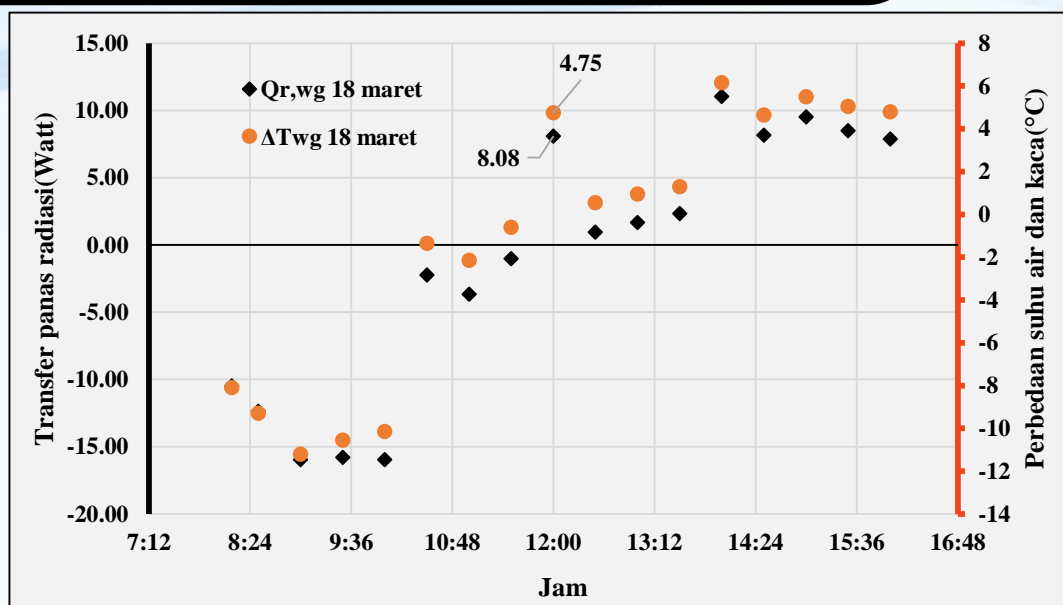
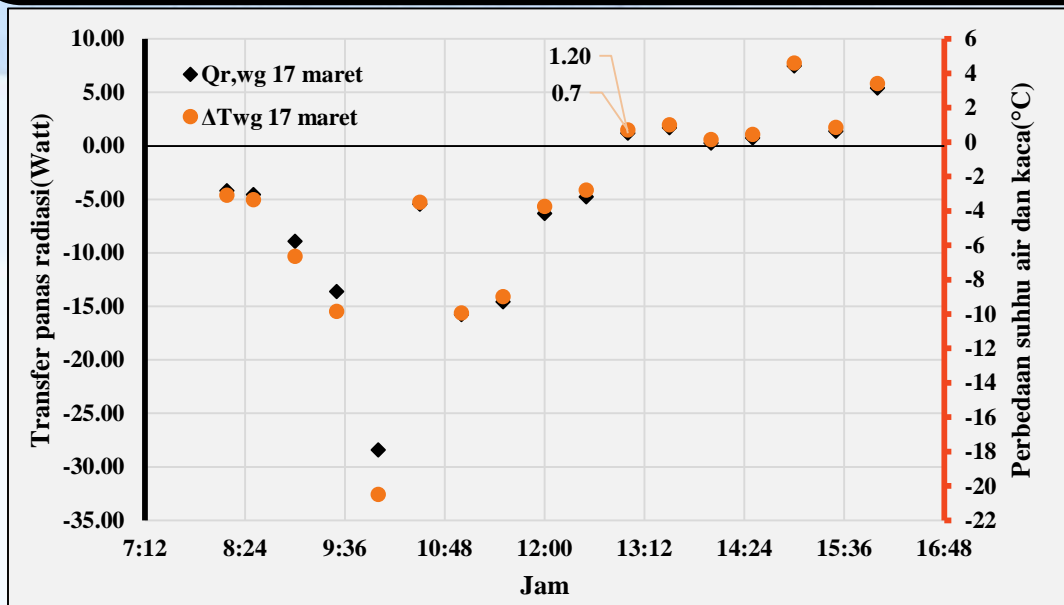
- Perpindahan panas konveksi akan terjadi ketika selisih suhu antara air dan kaca bernilai positif
- Ketika selisih suhu antara air dan kaca bernilai negatif maka tidak ada panas yang dikonveksikan dari air ke kaca

Perpindahan panas evaporasi air – kaca pada tahap I (Distilasi tanpa menggunakan absorber, tinggi permukaan air 1.5 cm, volume air 4 L)



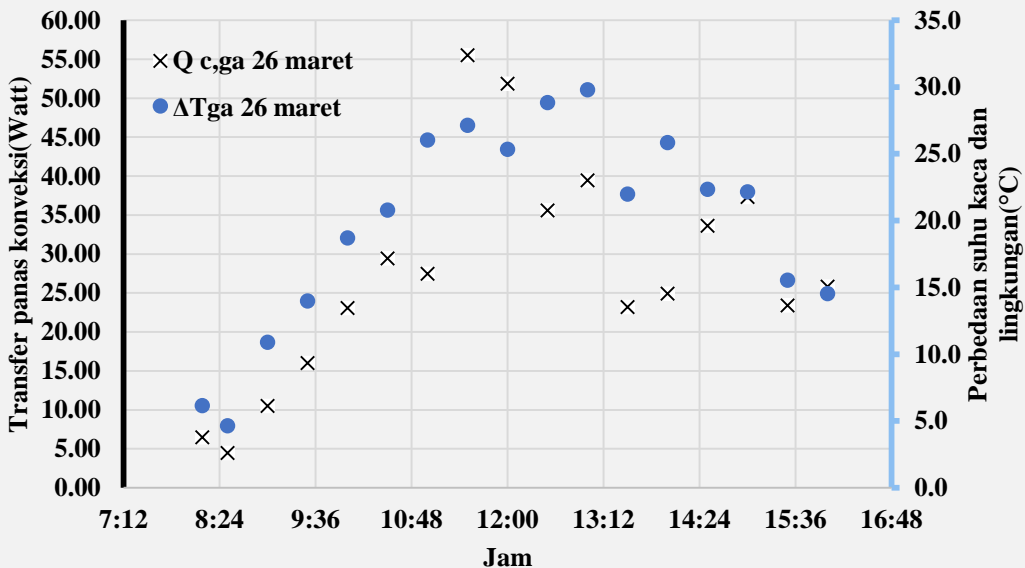
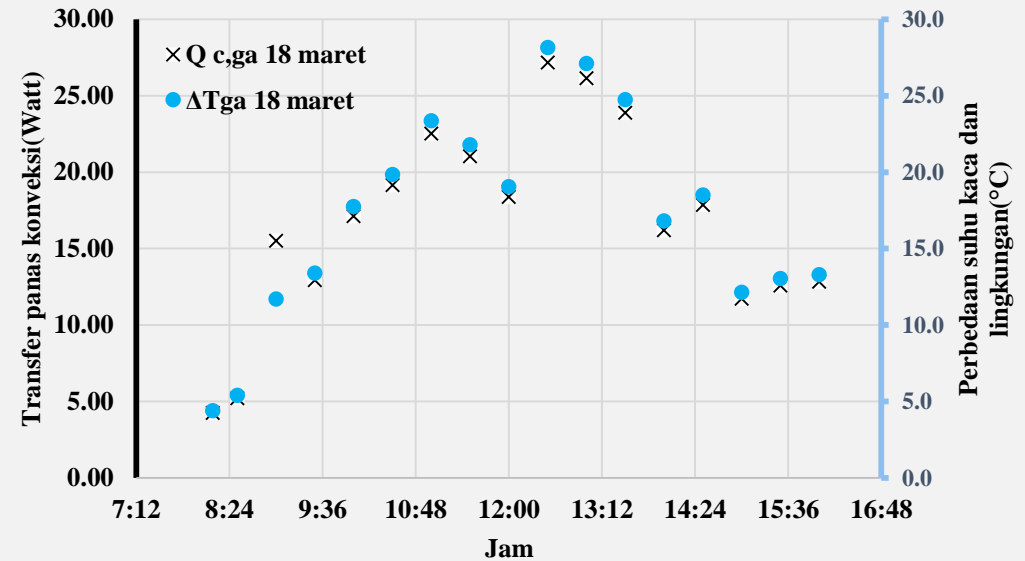
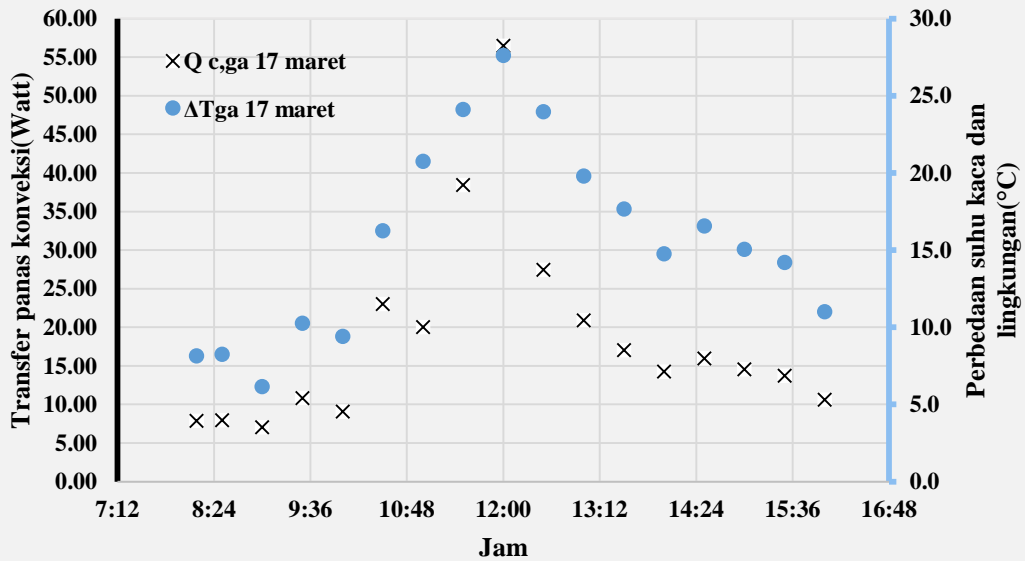
- Perpindahan panas evaporasi terjadi ketika selisih suhu antara air dan kaca bernilai positif

Perpindahan panas radiasi air – kaca pada tahap I (Distilasi tanpa menggunakan absorber, tinggi permukaan air 1.5 cm, volume air 4 L)



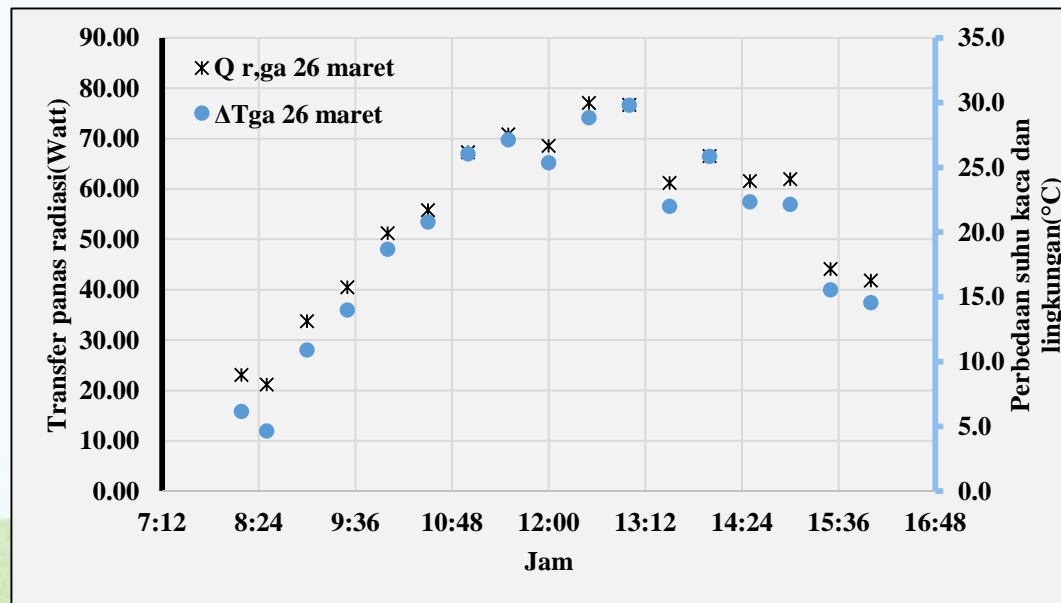
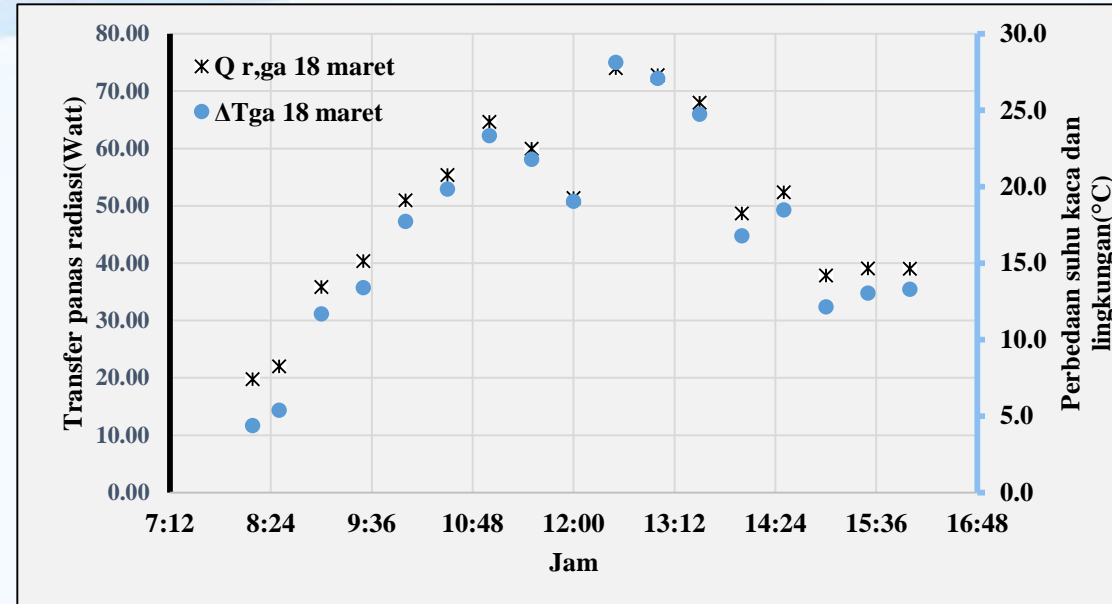
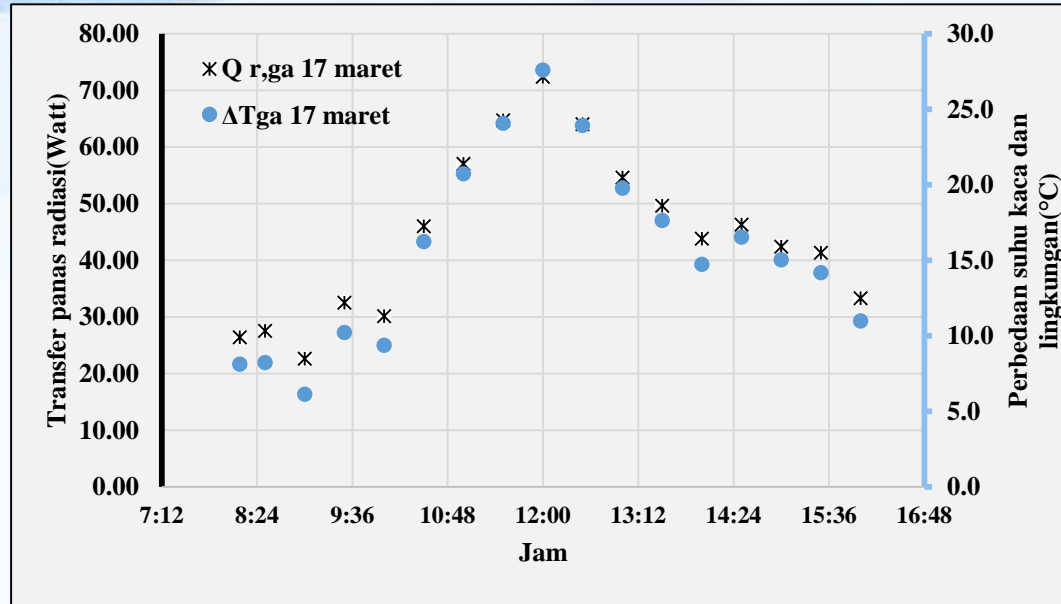
- ❖ Perpindahan panas konveksi, evaporasi dan radiasi dari permukaan air ke permukaan kaca bagian dalam mulai terjadi pada pukul 11.00
- ❖ Perpindahan panas konveksi, evaporasi dan radiasi akan terjadi ketika suhu air lebih tinggi dari suhu kaca
- ❖ Perpindahan panas konveksi, evaporasi dan radiasi dari permukaan air ke permukaan kaca bagian dalam terjadi secara bersamaan karena bergantung pada selisih suhu air dan kaca

Perpindahan panas konveksi kaca - lingkungan pada tahap I (Distilasi tanpa menggunakan absorber, tinggi permukaan air 1.5 cm, volume air 4 L)



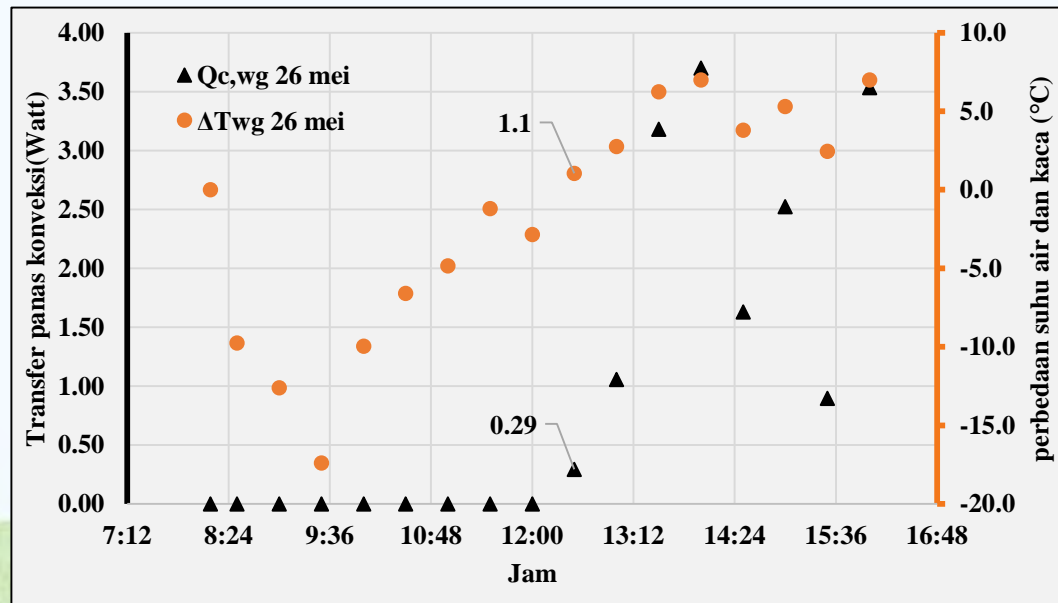
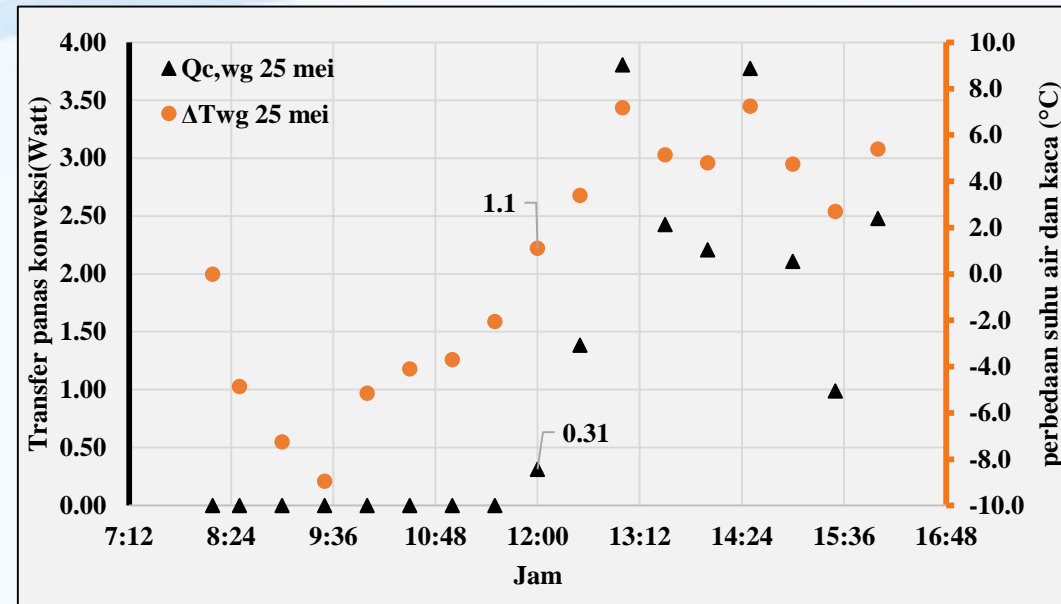
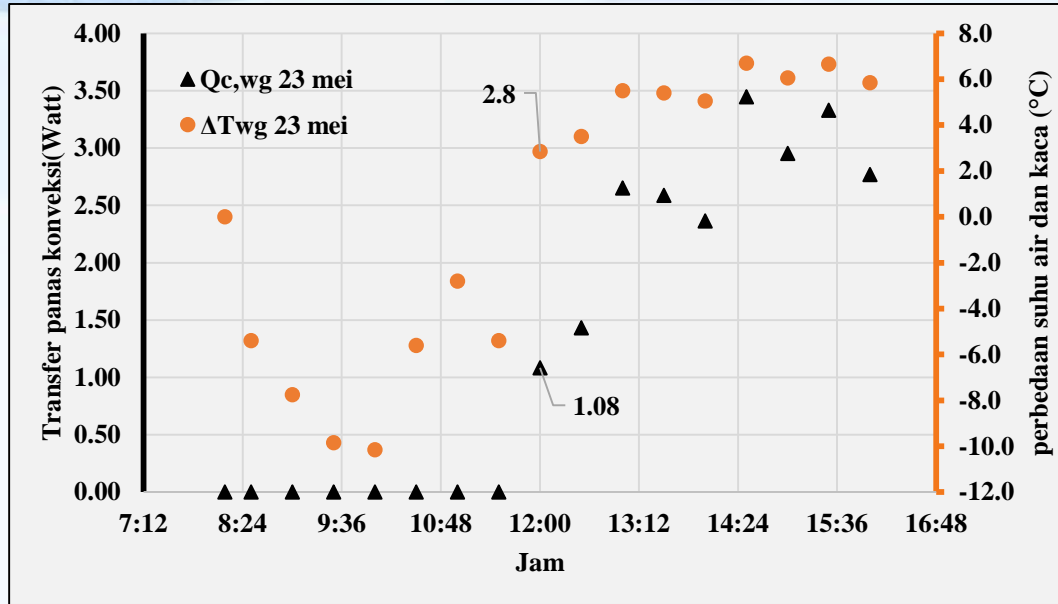
- ❖ Perpindahan panas konveksi dari permukaan kaca bagian luar ke lingkungan terjadi karena perbedaan suhu antara kaca dan lingkungan
- ❖ Sistem telah mengalami perpindahan panas sejak waktu awal pengujian karena suhu permukaan kaca bagian luar lebih tinggi dari suhu lingkungan sejak waktu awal pengujian.

Perpindahan panas radiasi kaca - lingkungan pada tahap I (Distilasi tanpa menggunakan absorber, tinggi permukaan air 1.5 cm, volume air 4 L)



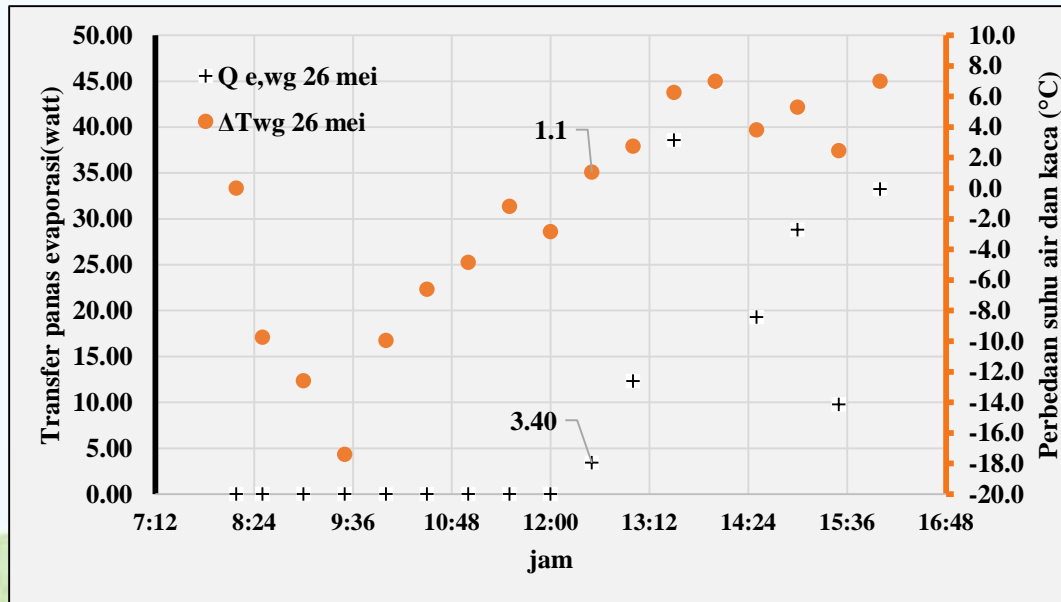
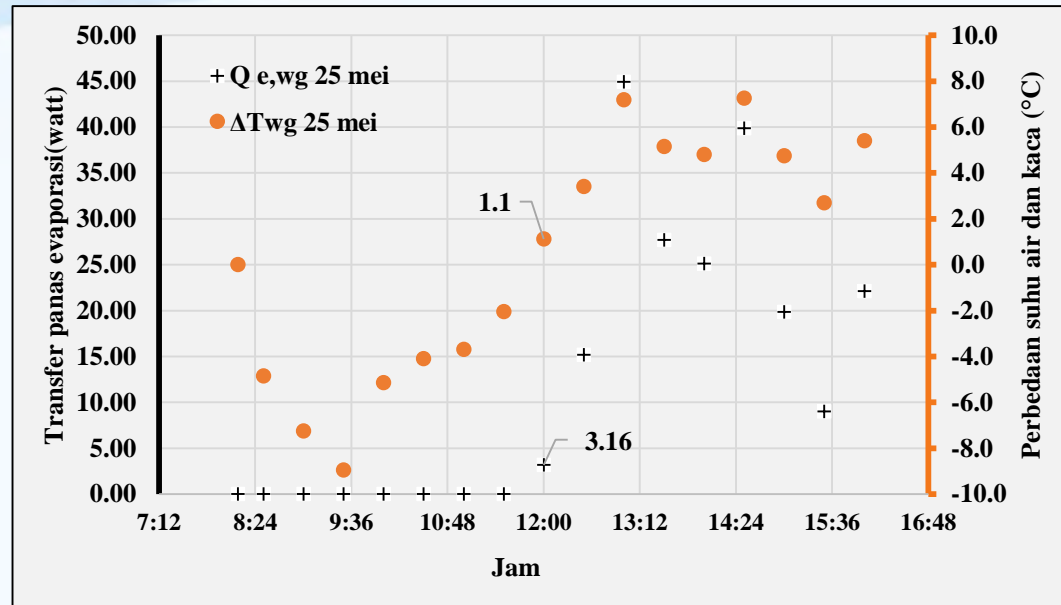
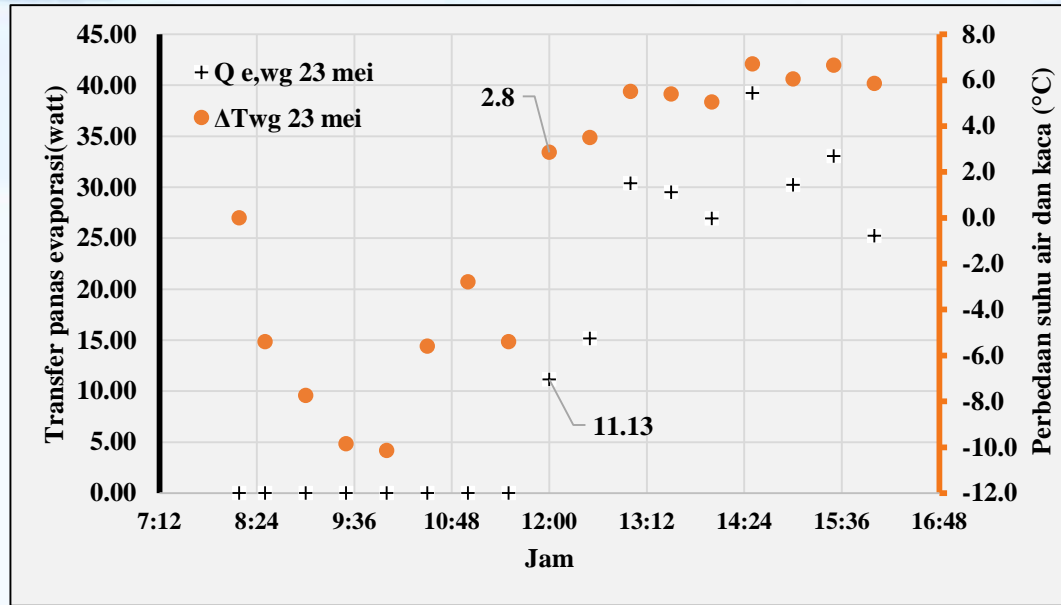
- ❖ Perpindahan panas radiasi dari permukaan kaca bagian luar ke lingkungan juga terjadi karena perbedaan suhu antara kaca dan lingkungan.
- ❖ Sistem telah mengalami perpindahan panas sejak waktu awal pengujian karena suhu permukaan kaca bagian luar lebih tinggi dari suhu lingkungan sejak waktu awal pengujian.

2. Perpindahan panas konveksi air –kaca pada tahap II (Distilasi tanpa menggunakan absorber, tinggi permukaan air 2.0 cm, volume air 6 L)



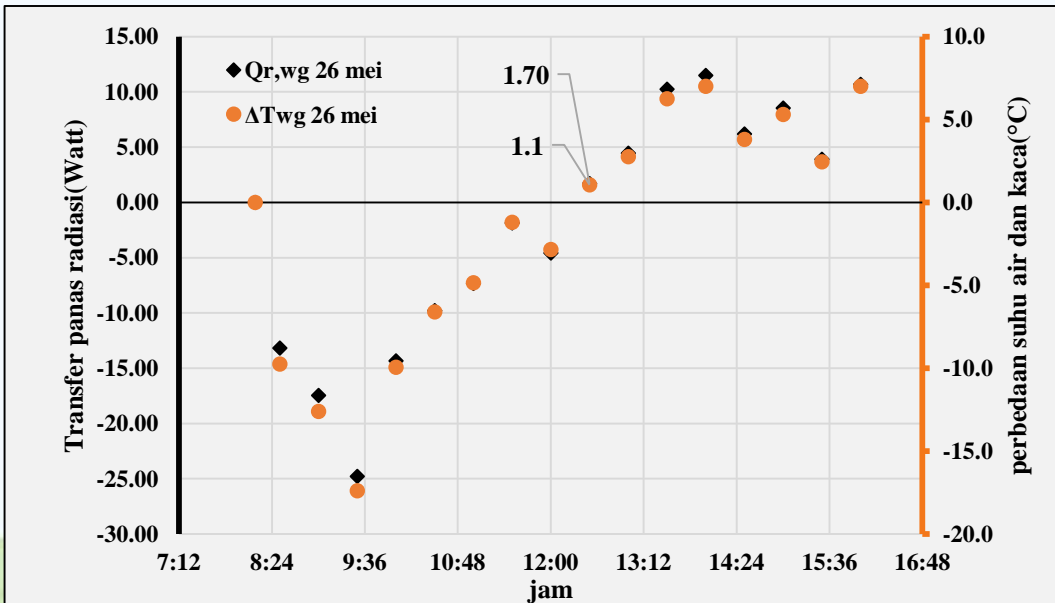
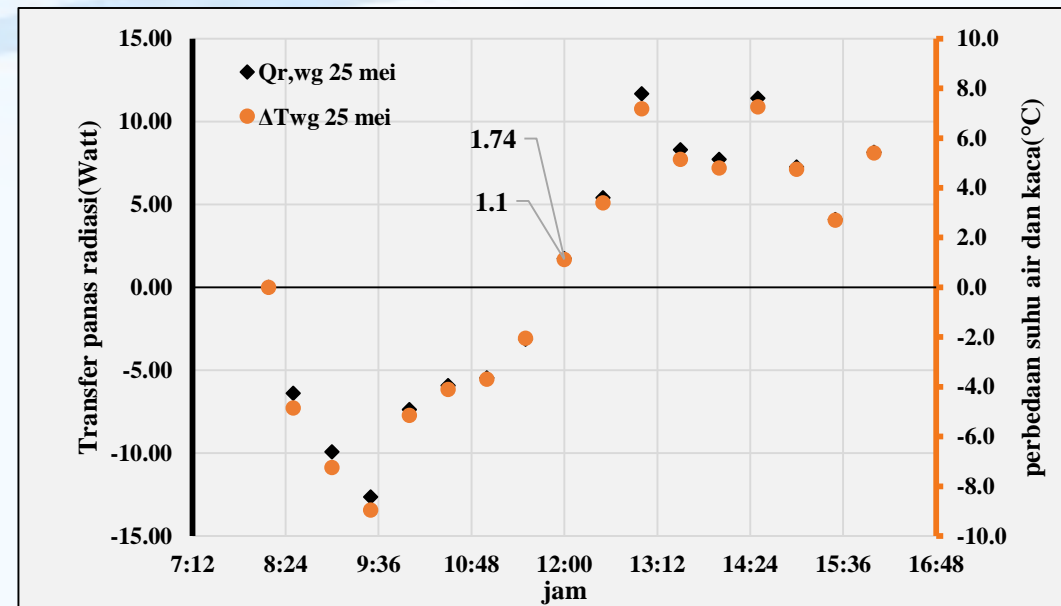
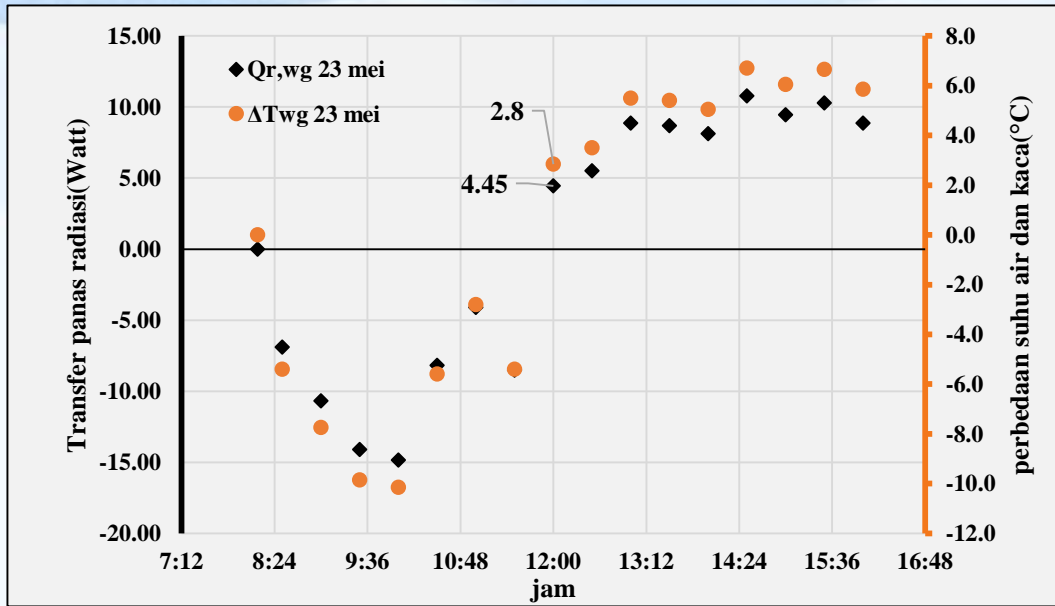
- Perpindahan panas konveksi terjadi ketika selisih suhu antara air dan kaca bernilai positif pada pukul 12.00
- Ketika selisih suhu antara air dan kaca bernilai negatif maka tidak ada panas yang dikonveksikan dari air ke kaca

Perpindahan panas evaporasi air - kaca pada tahap II (Distilasi tanpa menggunakan absorber, tinggi permukaan air 2.0 cm, volume air 6 L)



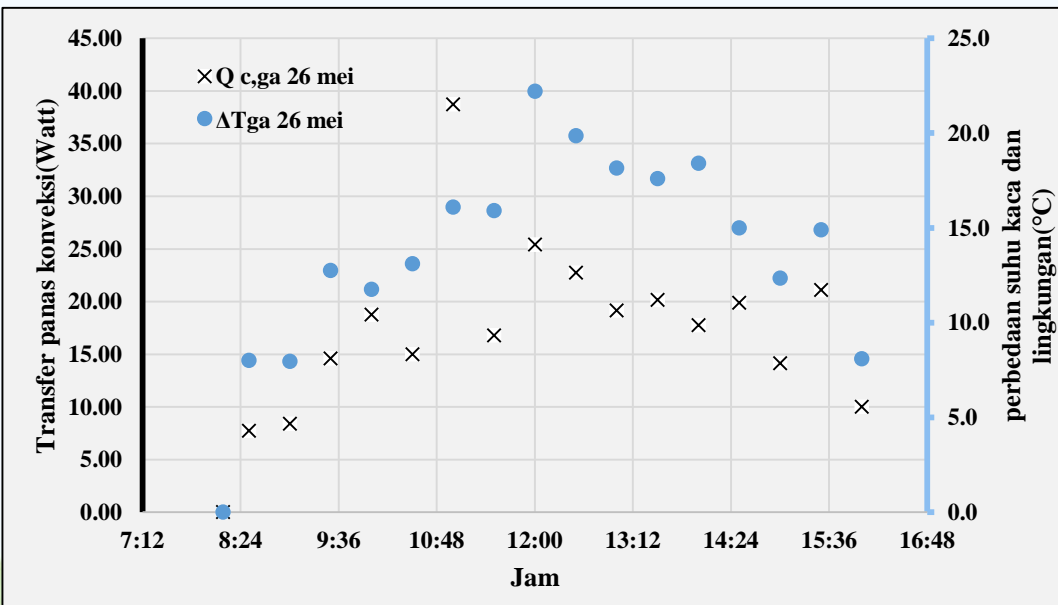
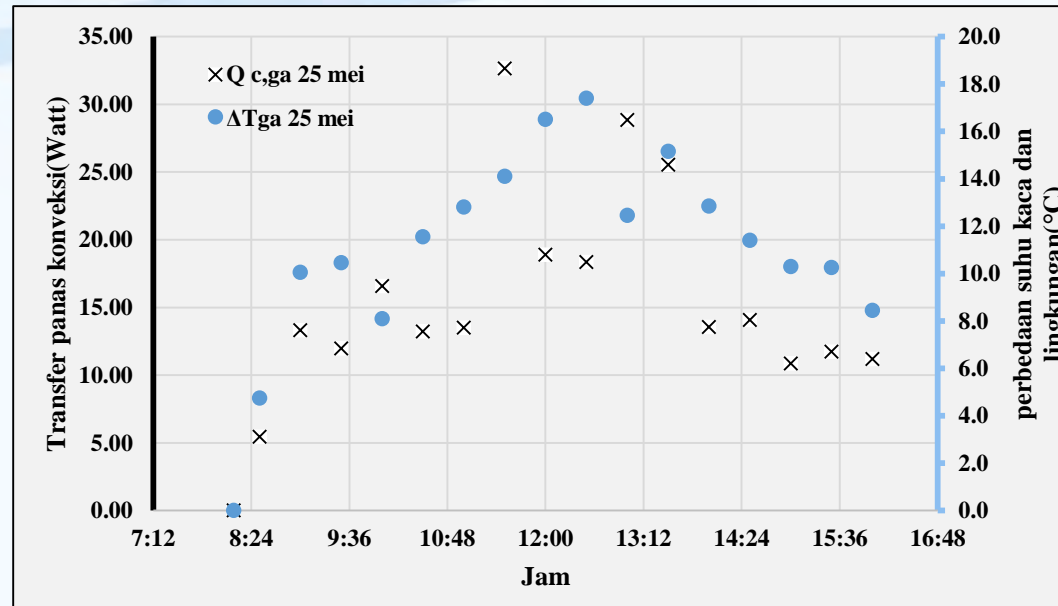
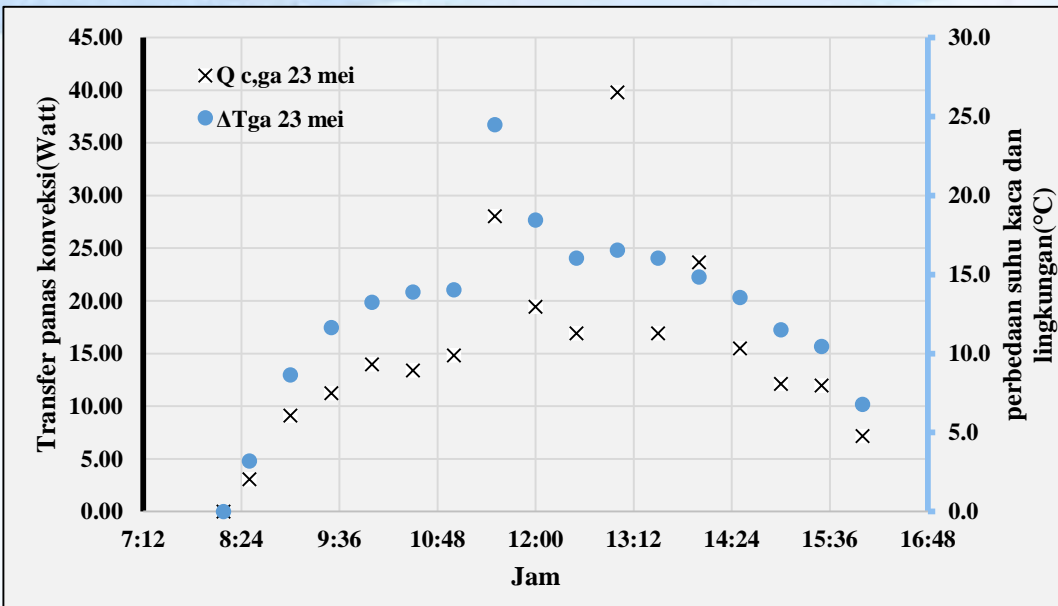
- Perpindahan panas konveksi terjadi ketika selisih suhu antara air dan kaca bernilai positif pada pukul 12.00
- Ketika selisih suhu antara air dan kaca bernilai negatif maka tidak ada panas yang dikonveksikan dari air ke kaca

Perpindahan panas radiasi dari air – kaca pada tahap II (Distilasi tanpa menggunakan absorber, tinggi permukaan air 2.0 cm, volume air 6 L)



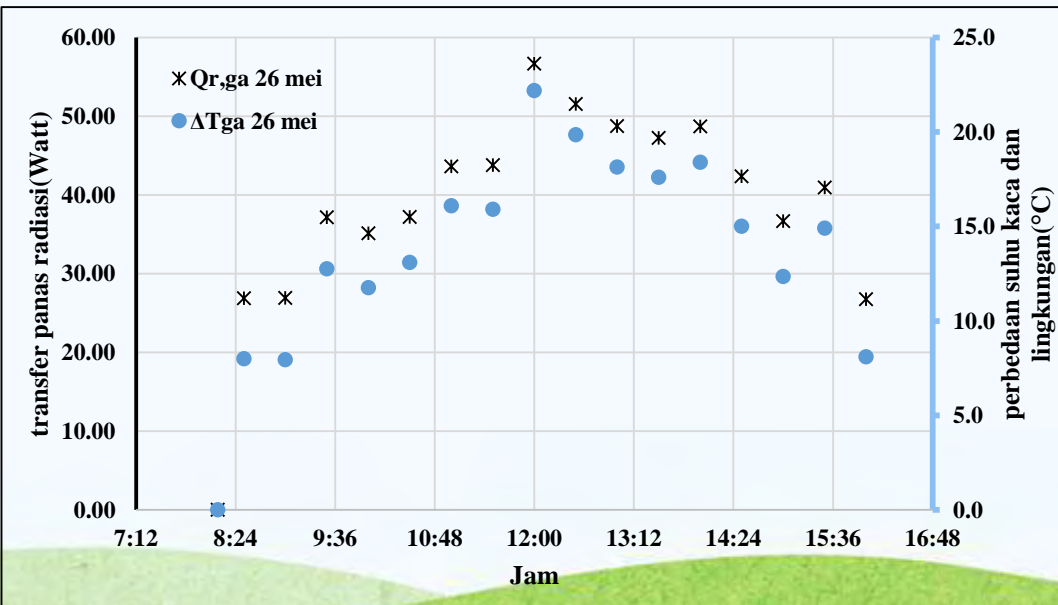
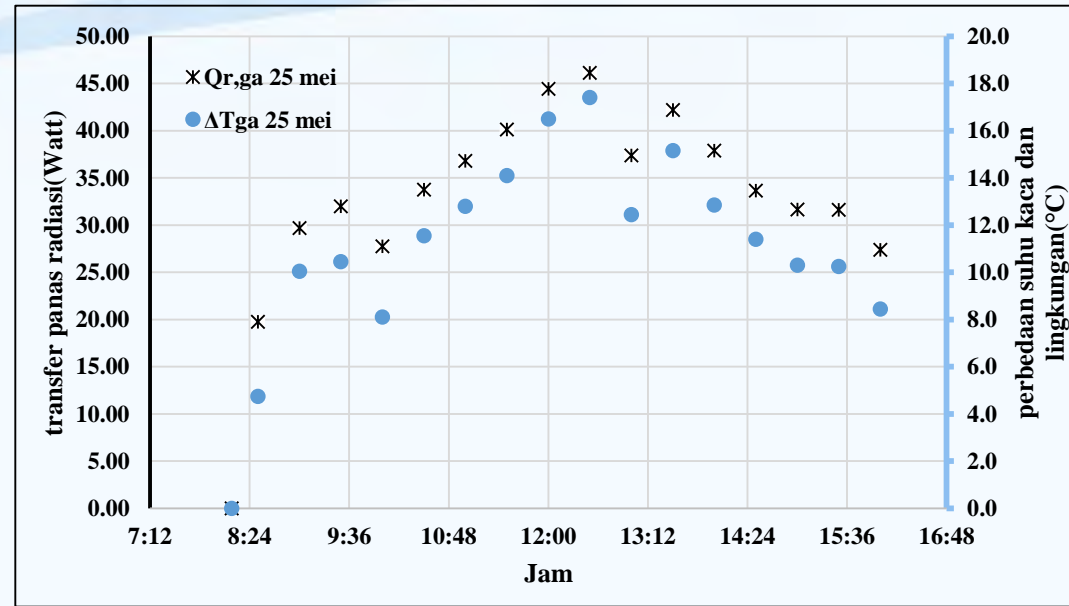
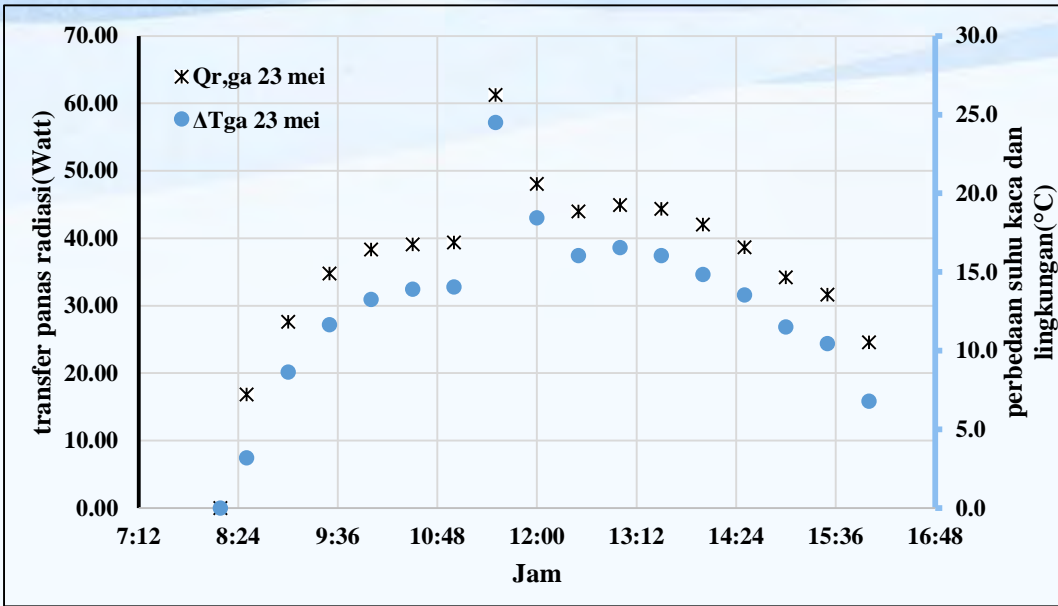
- Perpindahan panas radiasi bernilai negatif karena suhu air lebih rendah dari suhu kaca dan titik balik air meradiasikan panas ke kaca terjadi pada pukul 12.00 ketika suhu air lebih tinggi dari suhu kaca.
- Perpindahan panas konveksi, evaporasi dan radiasi dari permukaan air ke permukaan kaca terjadi pada waktu yang bersamaan ketika suhu air lebih tinggi dari suhu kaca.

Perpindahan panas konveksi kaca - lingkungan pada tahap II (Distilasi tanpa menggunakan absorber, tinggi permukaan air 2.0 cm, volume air 6 L)



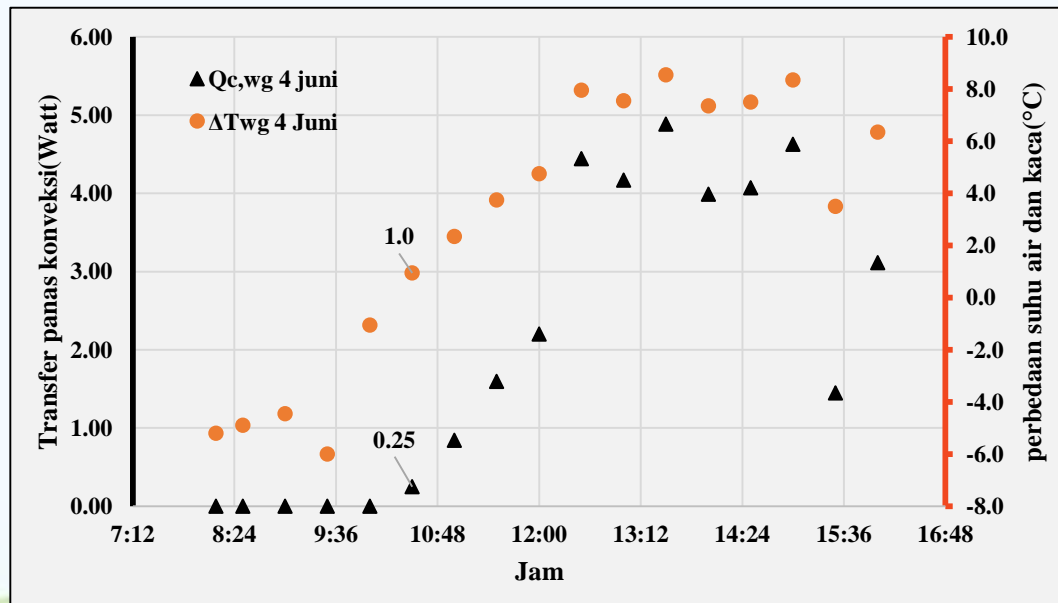
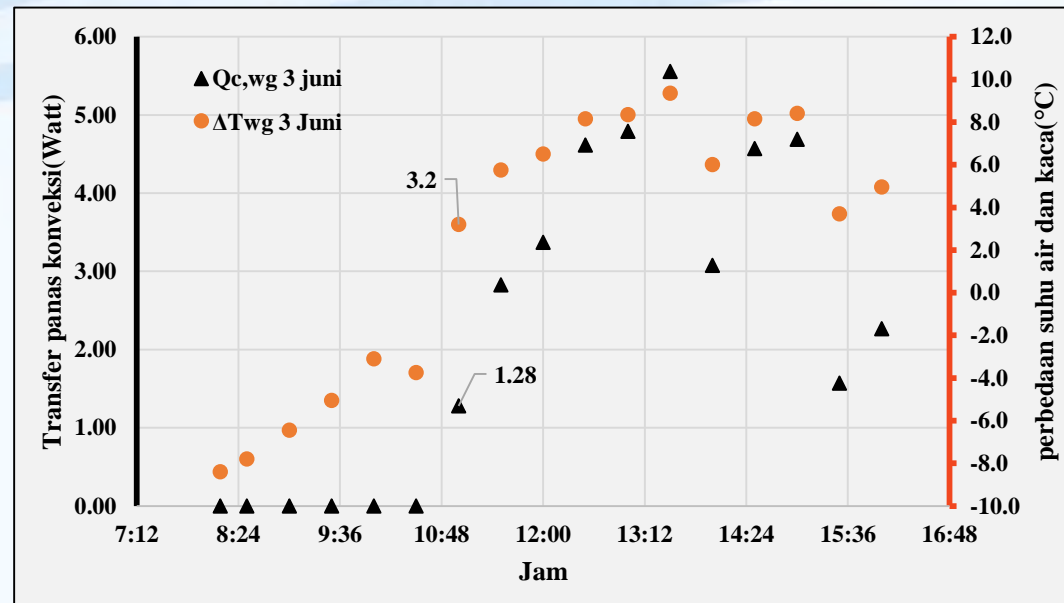
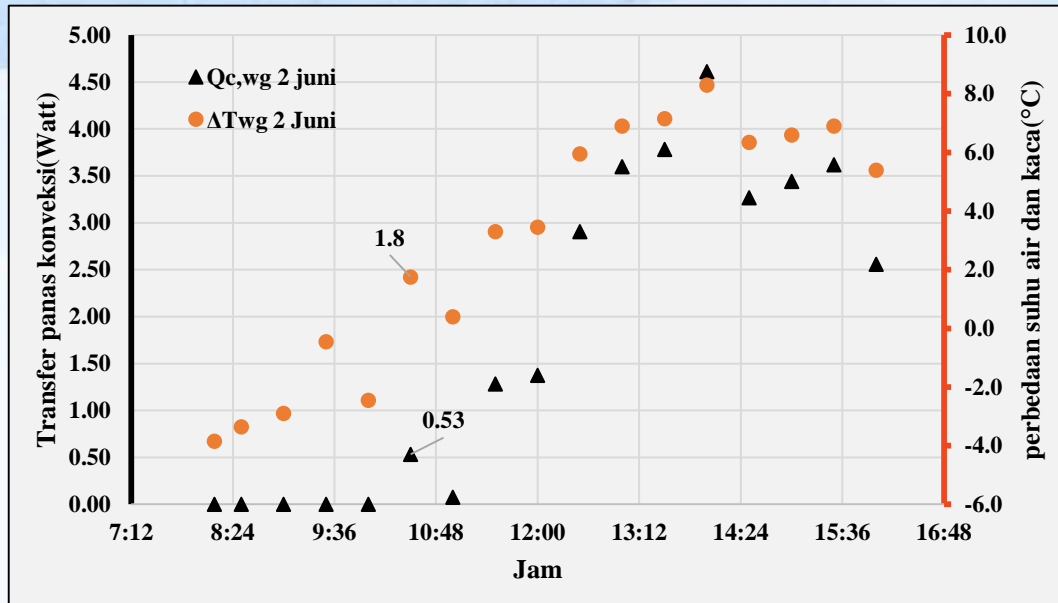
- ❖ Panas yang dikonveksikan meningkat seiring meningkatnya perbedaan suhu antara kaca dan lingkungan.
- ❖ Sistem telah mengalami perpindahan panas sejak waktu awal pengujian karena suhu permukaan kaca bagian luar lebih tinggi dari suhu lingkungan sejak waktu awal pengujian.

Perpindahan panas radiasi kaca - lingkungan pada tahap II (Distilasi tanpa menggunakan absorber, tinggi permukaan air 2.0 cm , volume air 6 L)



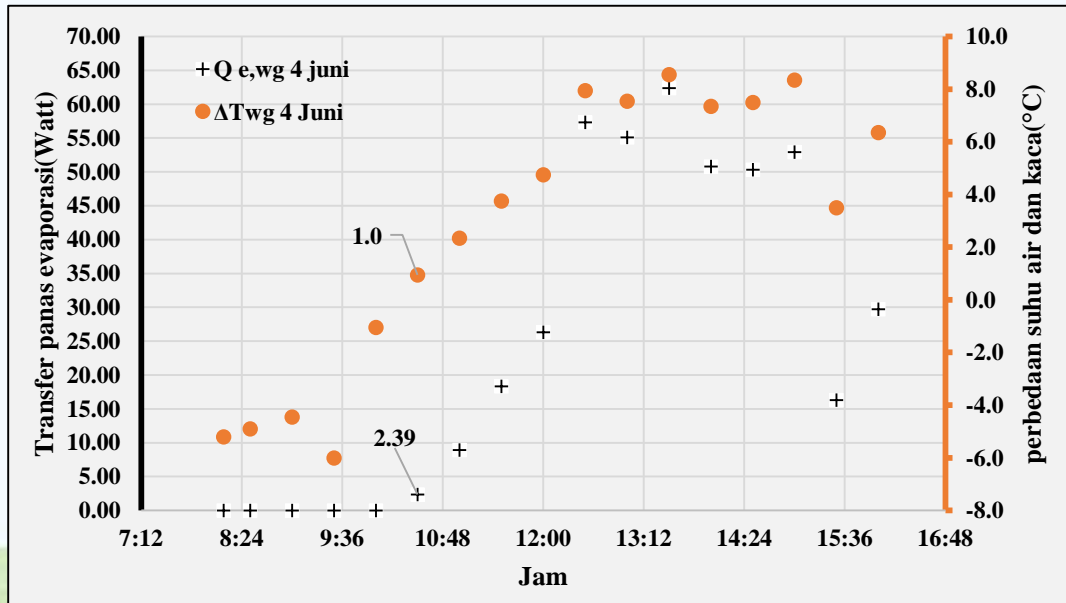
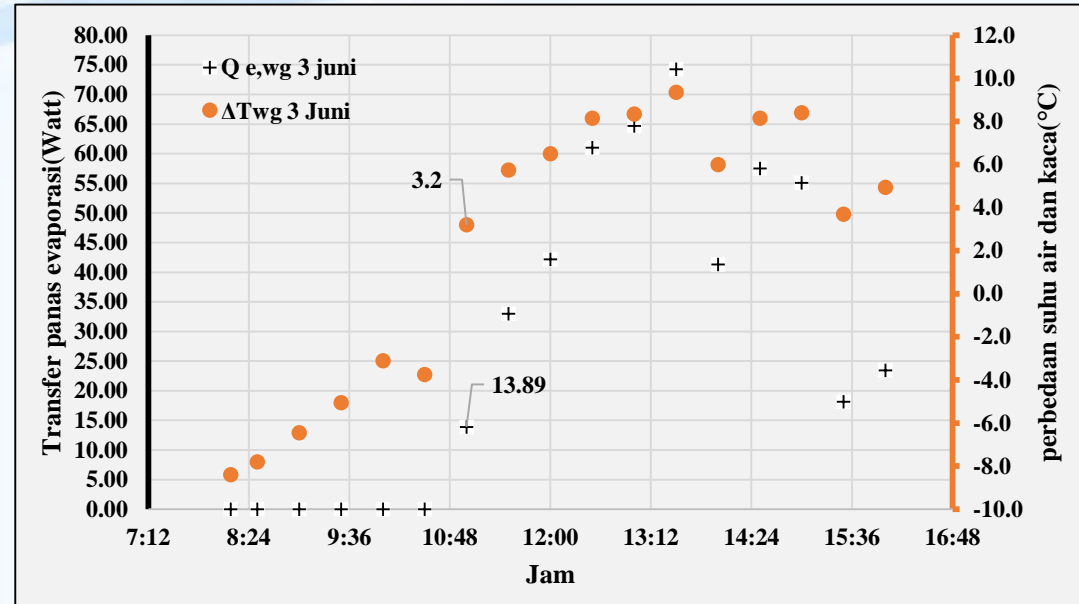
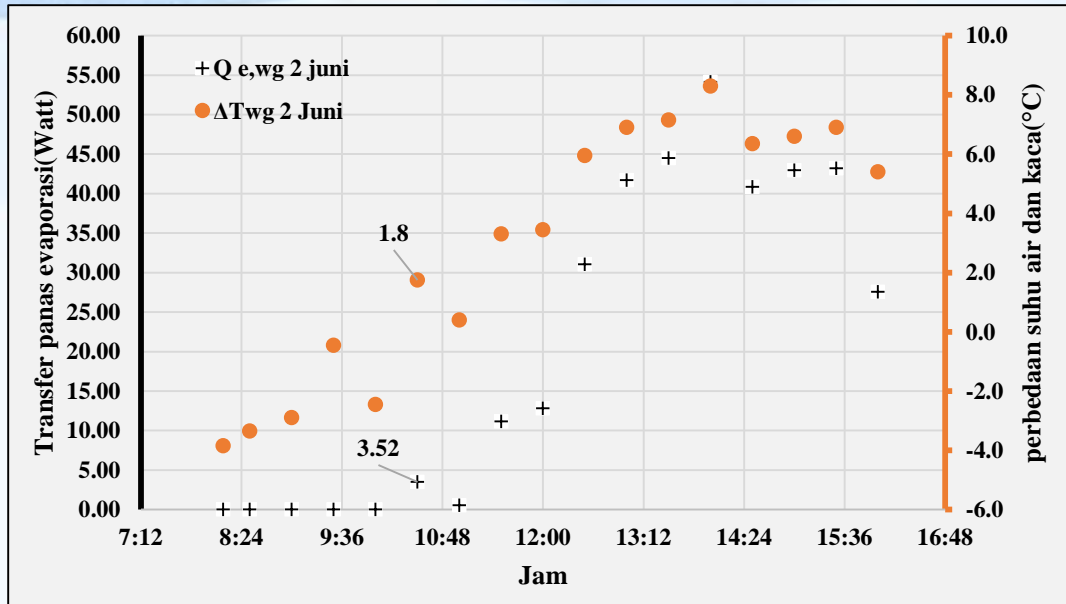
- ❖ Panas yang diradiasikan meningkat seiring meningkatnya perbedaan suhu antara kaca dan lingkungan.
- ❖ Sistem telah mengalami perpindahan panas sejak waktu awal pengujian karena suhu permukaan kaca bagian luar lebih tinggi dari suhu lingkungan sejak waktu awal pengujian.

3. Perpindahan panas konveksi air-kaca pada tahap III (Distilasi tanpa menggunakan absorber, tinggi permukaan air 2.0 cm , volume air 6 L, permukaan bak dicat hitam)



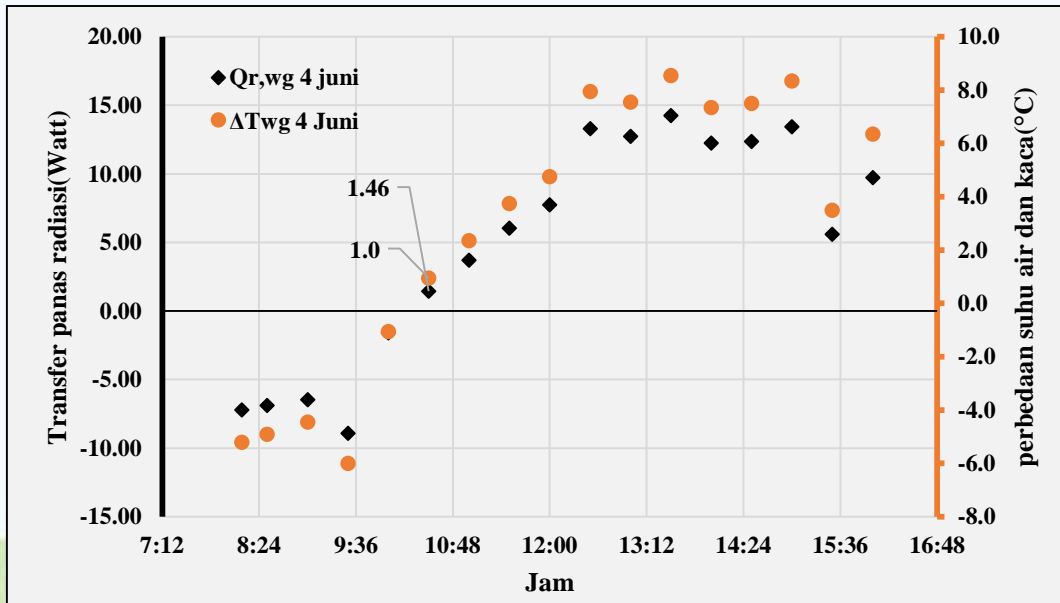
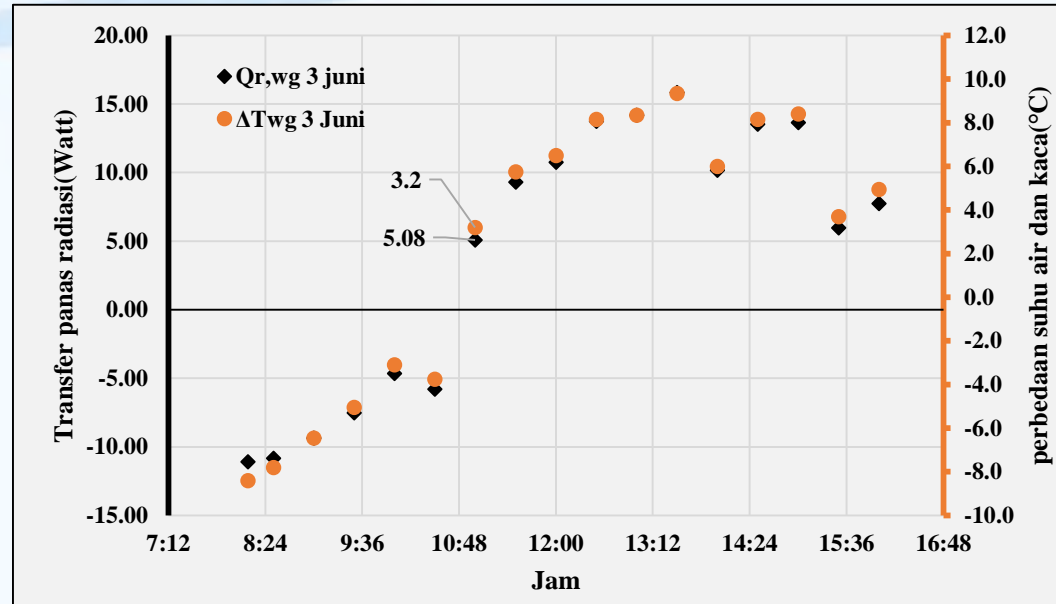
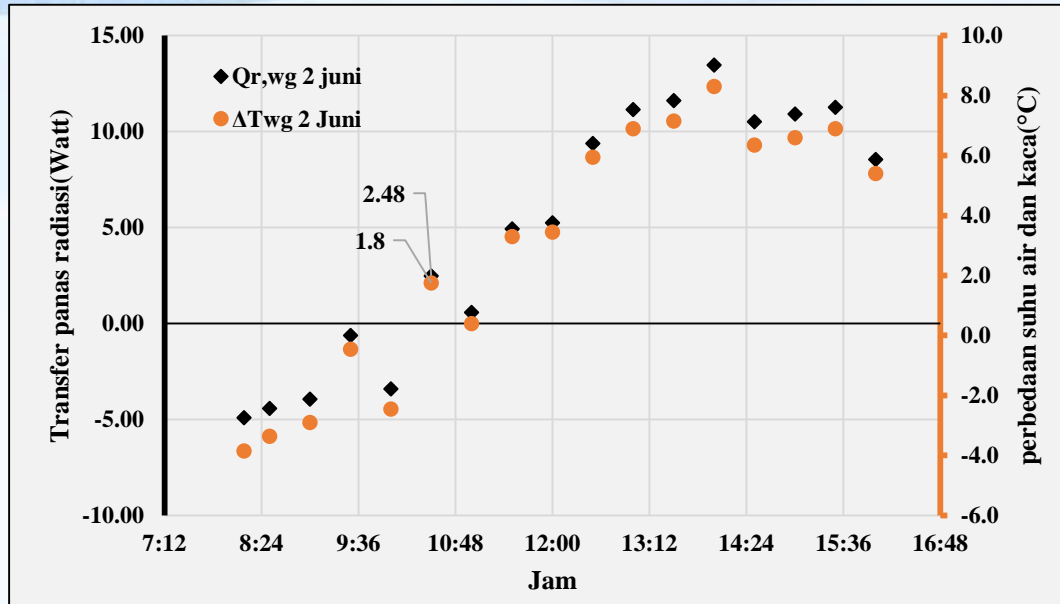
- Titik balik air mengkonveksikan panas ke kaca terjadi pada pukul 10.30 dimana untuk 3 hari pengukuran terjadi dengan selisih suhu yang berbeda.

Perpindahan panas evaporasi air – kaca pada tahap III (Distilasi tanpa menggunakan absorber, tinggi permukaan air 2.0 cm, volume air 6 L , permukaan bak dicat hitam)



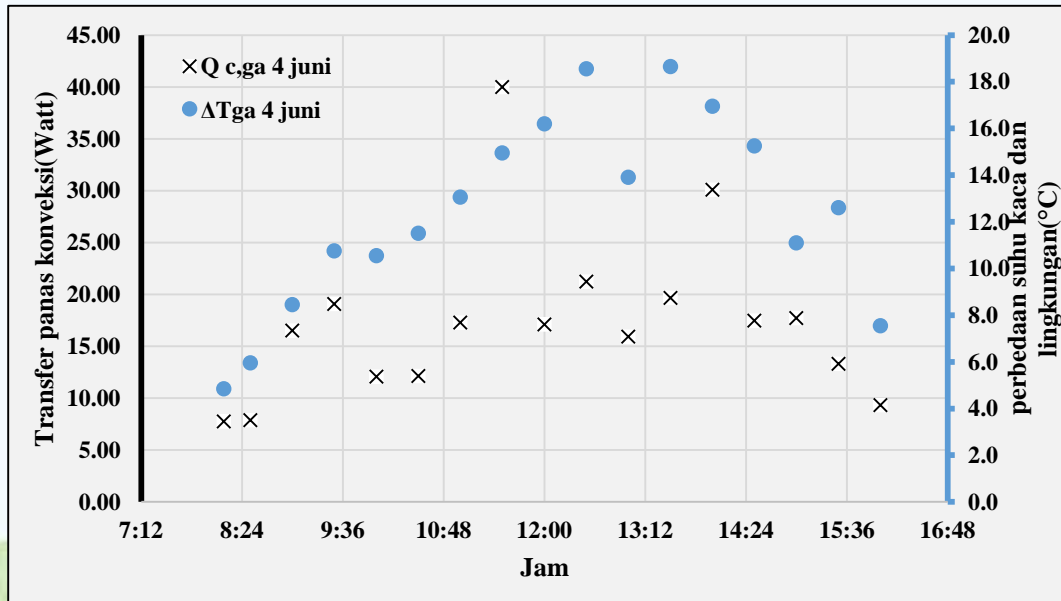
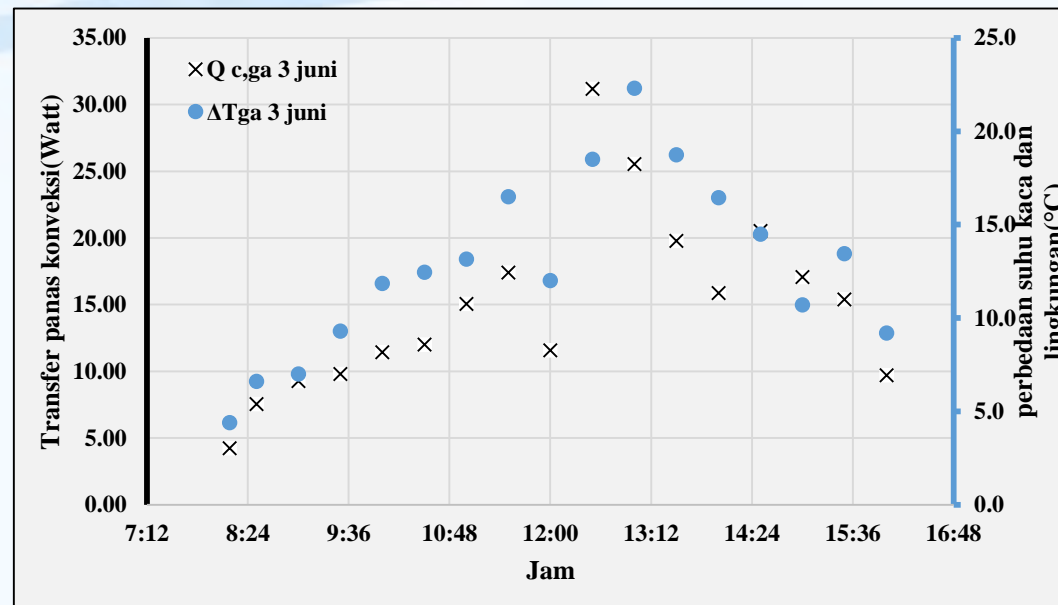
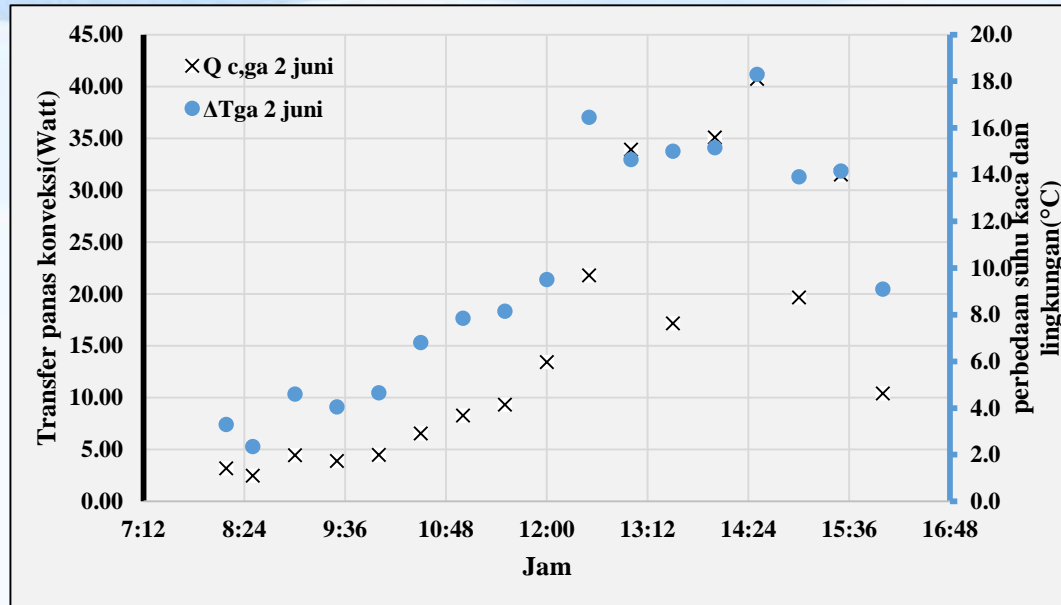
- Evaporasi terjadi pada pukul 10.30 dimana untuk 3 hari pengukuran terjadi dengan selisih suhu yang berbeda.

Perpindahan panas radiasi dari air – kaca pada tahap III (Distilasi tanpa menggunakan absorber, tinggi permukaan air 2.0 cm, volume air 6 L , permukaan bak dicat hitam)



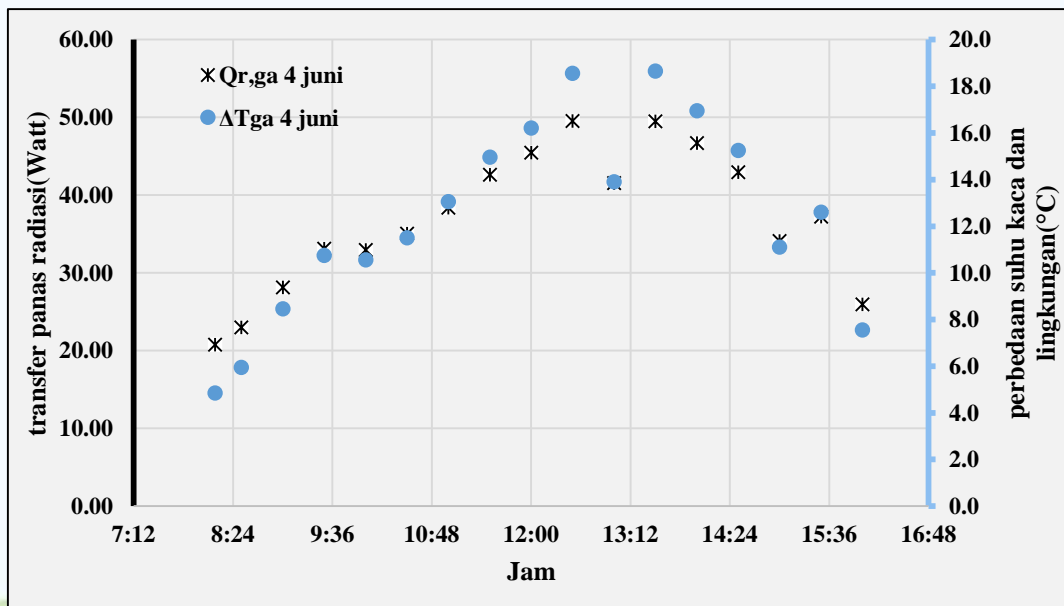
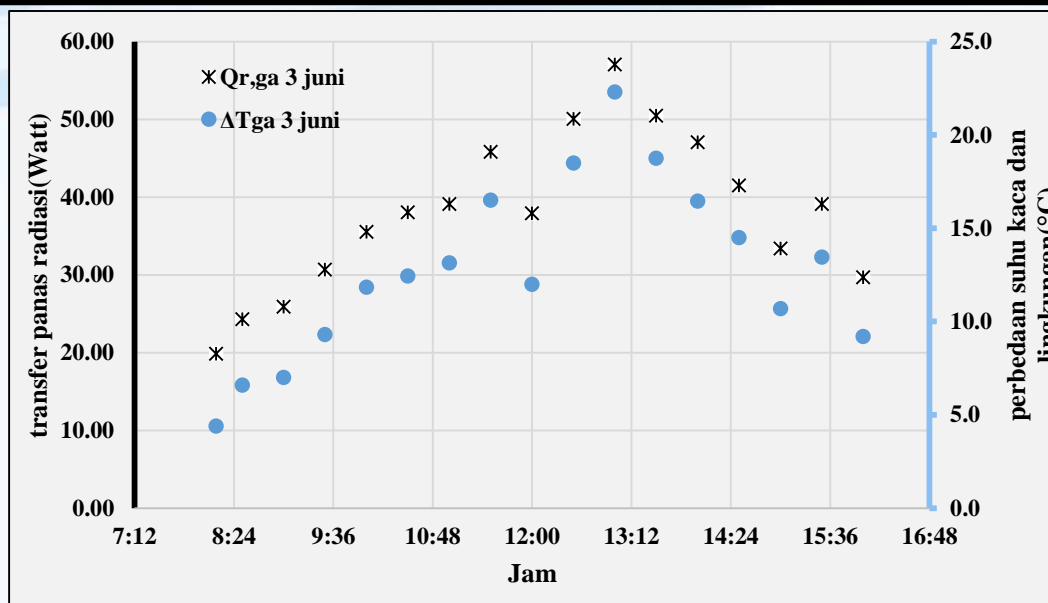
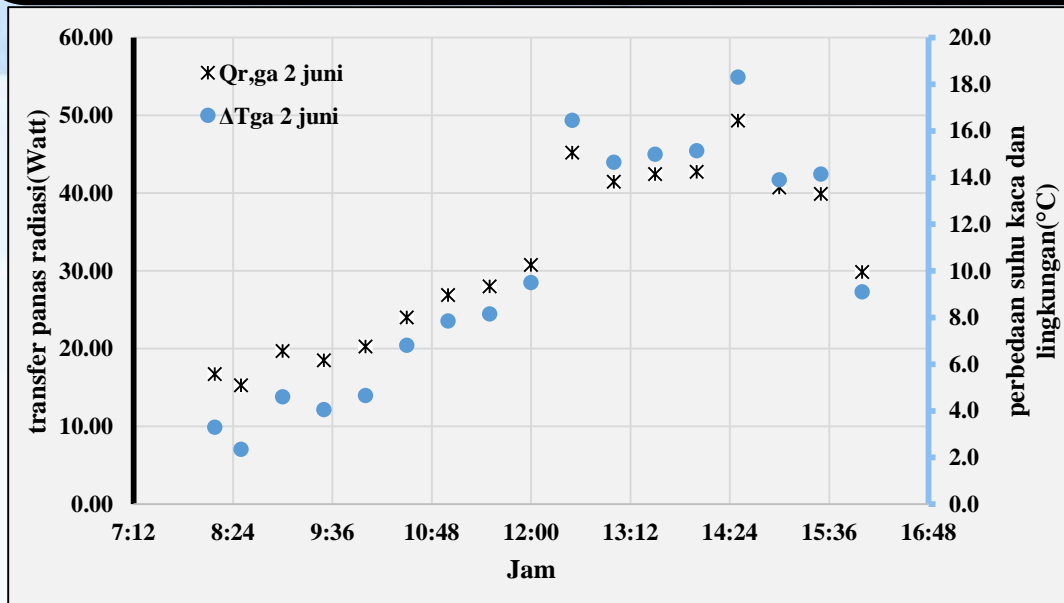
- Radiasi terjadi pada pukul 10.30 dimana untuk 3 hari pengukuran terjadi dengan selisih suhu yang berbeda.
- Perpindahan panas konveksi, evaporasi dan radiasi dari permukaan air ke permukaan kaca terjadi pada waktu yang bersamaan ketika suhu air lebih tinggi dari suhu kaca

Perpindahan panas konveksi dari kaca ke lingkungan pada tahap III (Distilasi tanpa menggunakan absorber, tinggi permukaan air 2.0 cm, volume air 6 L , permukaan bak dicat hitam)



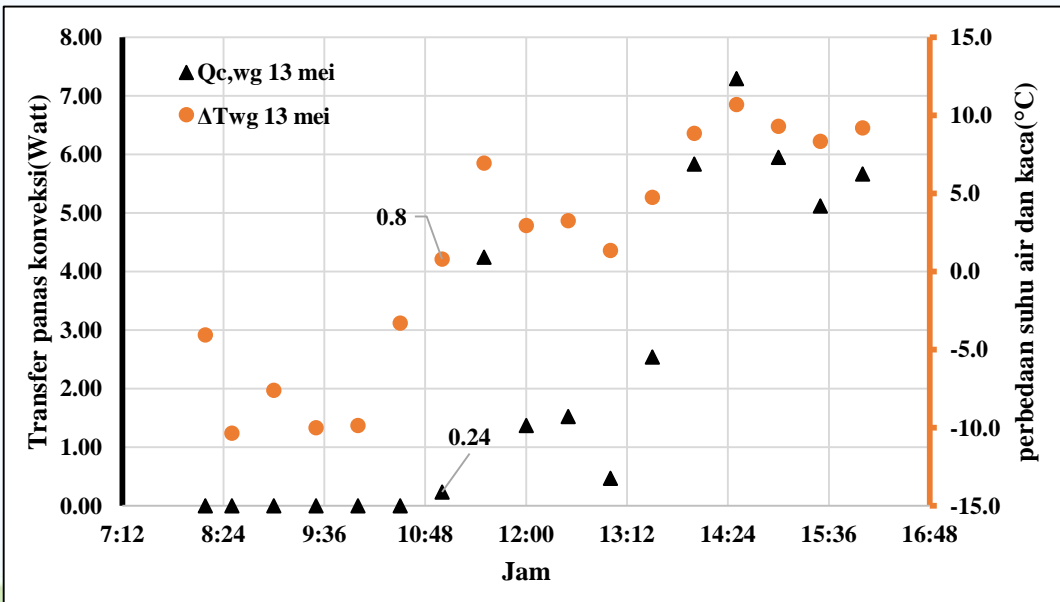
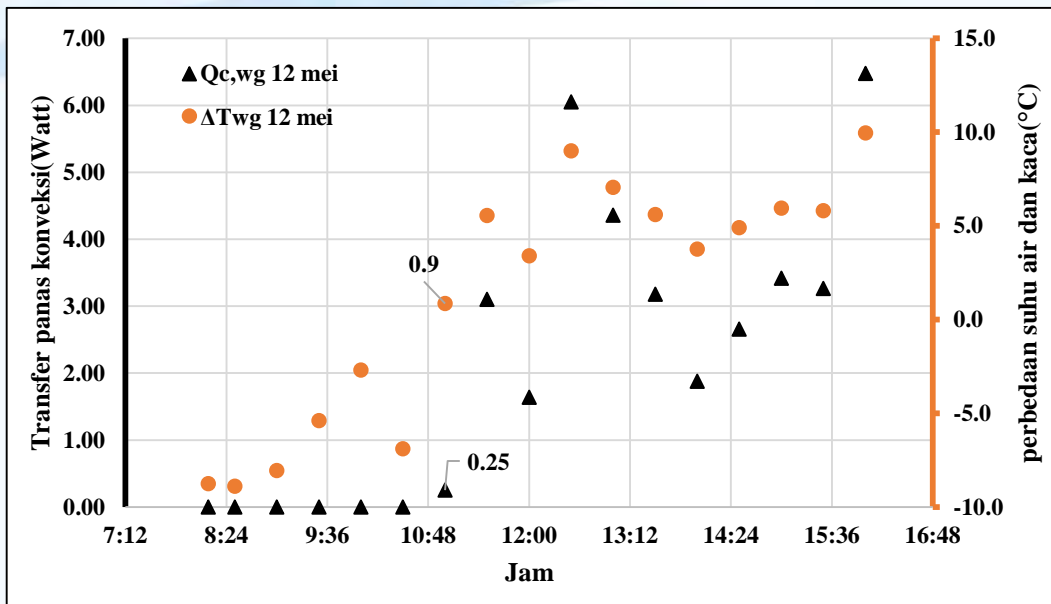
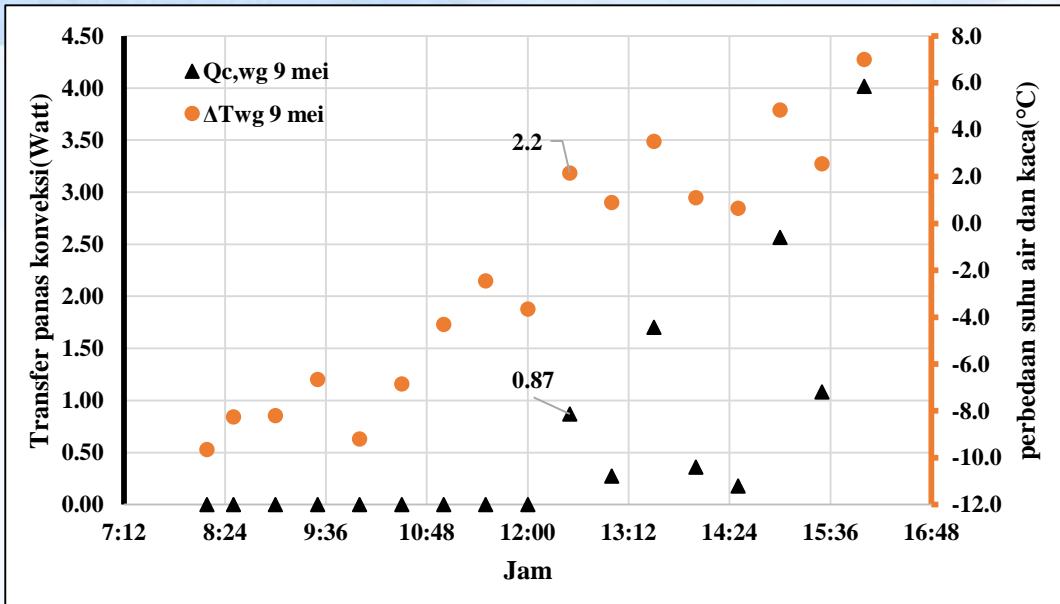
- ❖ Panas yang dikonveksikan meningkat seiring meningkatnya perbedaan suhu antara kaca dan lingkungan.
- ❖ Sistem telah mengalami perpindahan panas sejak waktu awal pengujian karena suhu permukaan kaca bagian luar lebih tinggi dari suhu lingkungan sejak waktu awal pengujian.

Perpindahan panas radiasi dari kaca ke lingkungan pada tahap III (Distilasi tanpa menggunakan absorber, tinggi permukaan air 2.0 cm, volume air 6 L , permukaan bak dicat hitam)



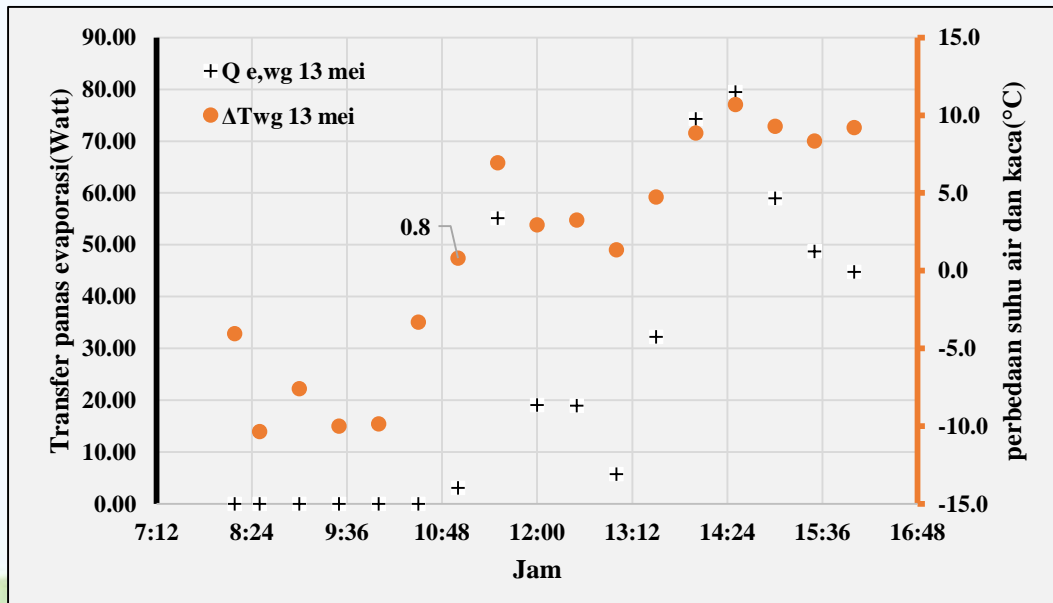
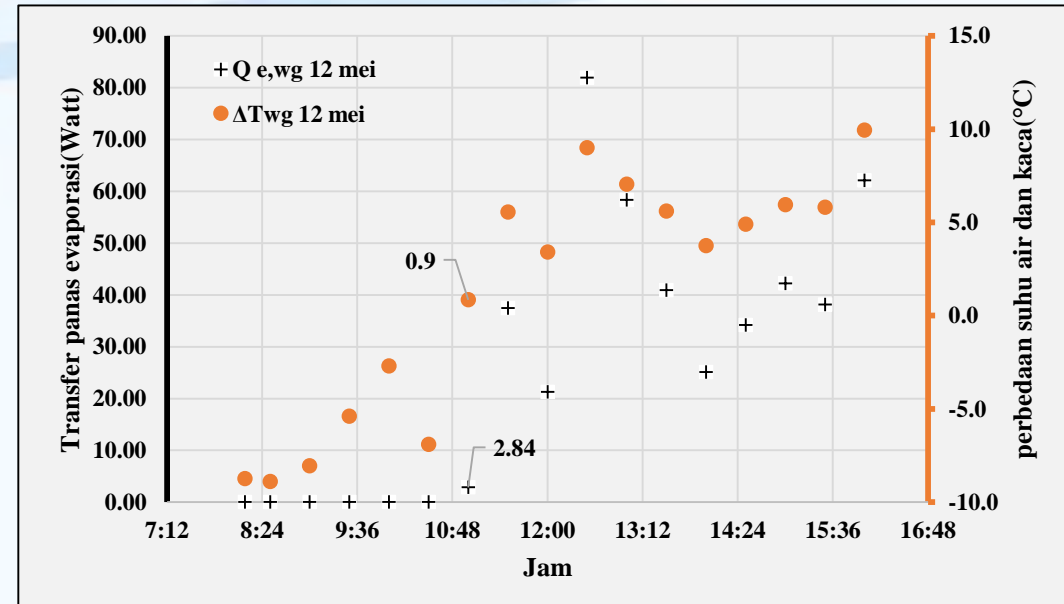
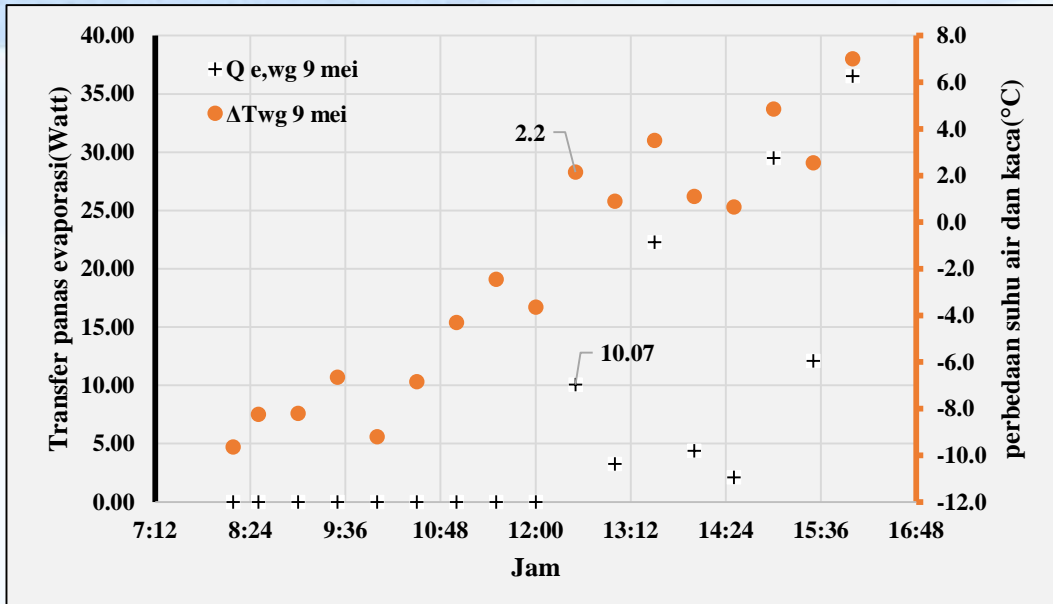
- ❖ Panas yang diradiasikan meningkat seiring meningkatnya perbedaan suhu antara kaca dan lingkungan.
- ❖ Sistem telah mengalami perpindahan panas sejak waktu awal pengujian karena suhu permukaan kaca bagian luar lebih tinggi dari suhu lingkungan sejak waktu awal pengujian.

4. Perpindahan panas konveksi air-kaca pada tahap IV (Distilasi menggunakan absorber, tinggi permukaan air 1.5 cm)



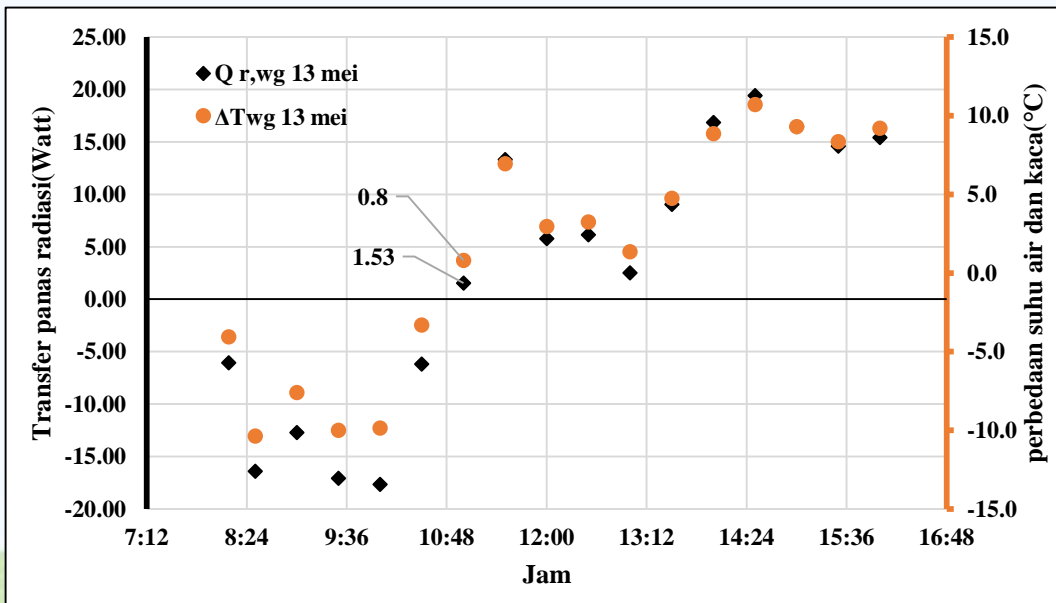
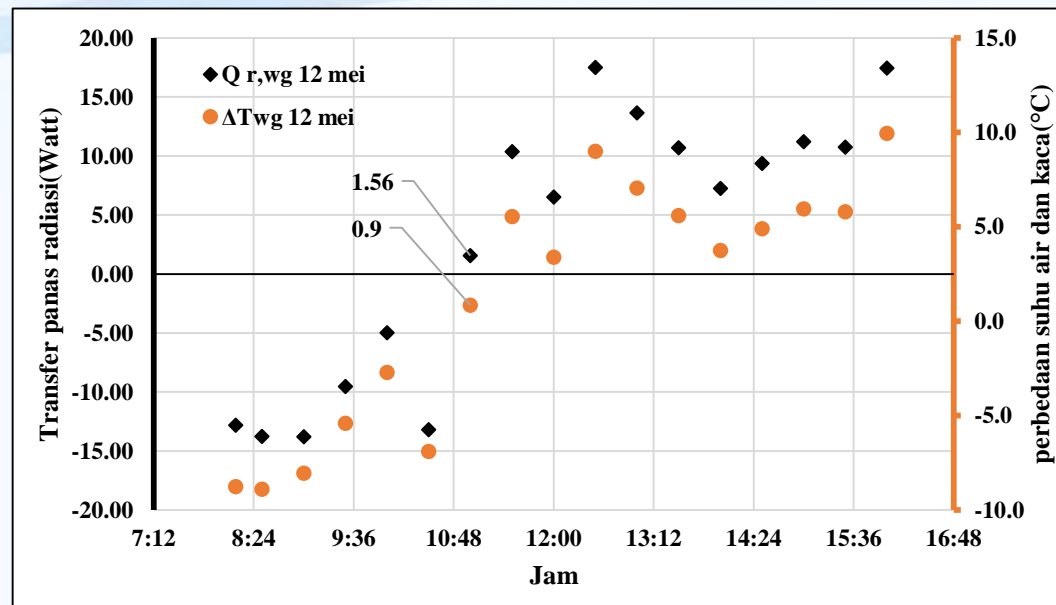
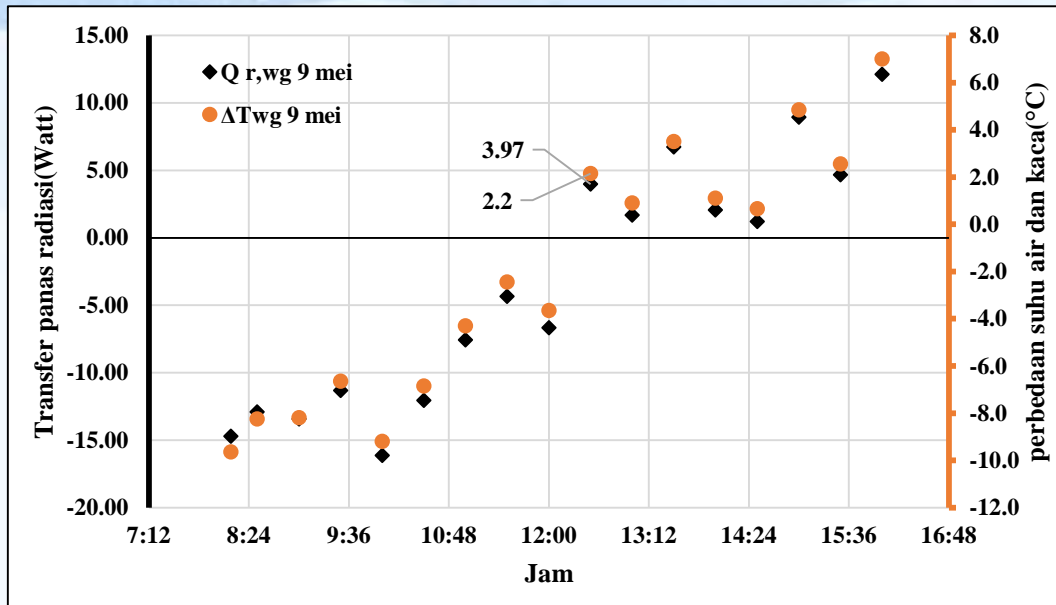
- Perpindahan panas konveksi terjadi ketika selisih suhu antara air dan kaca bernilai positif pada pukul 11.00 dan 12.00
- Ketika selisih suhu antara air dan kaca bernilai negatif maka tidak ada panas yang dikonveksikan dari air ke kaca

Perpindahan panas evaporasi air-kaca pada tahap IV (Distilasi menggunakan absorber, tinggi permukaan air 1.5 cm)



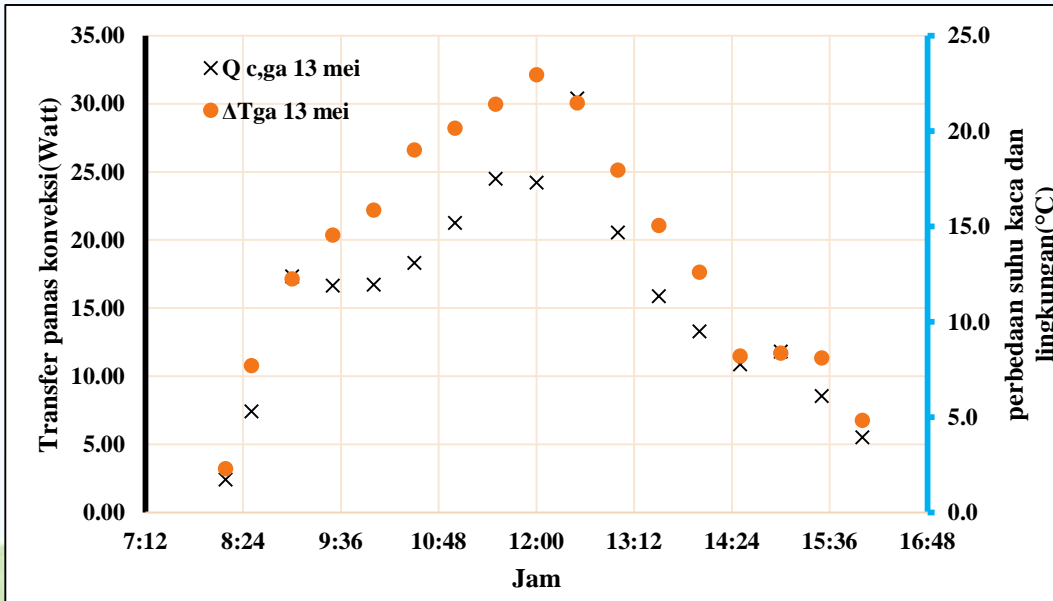
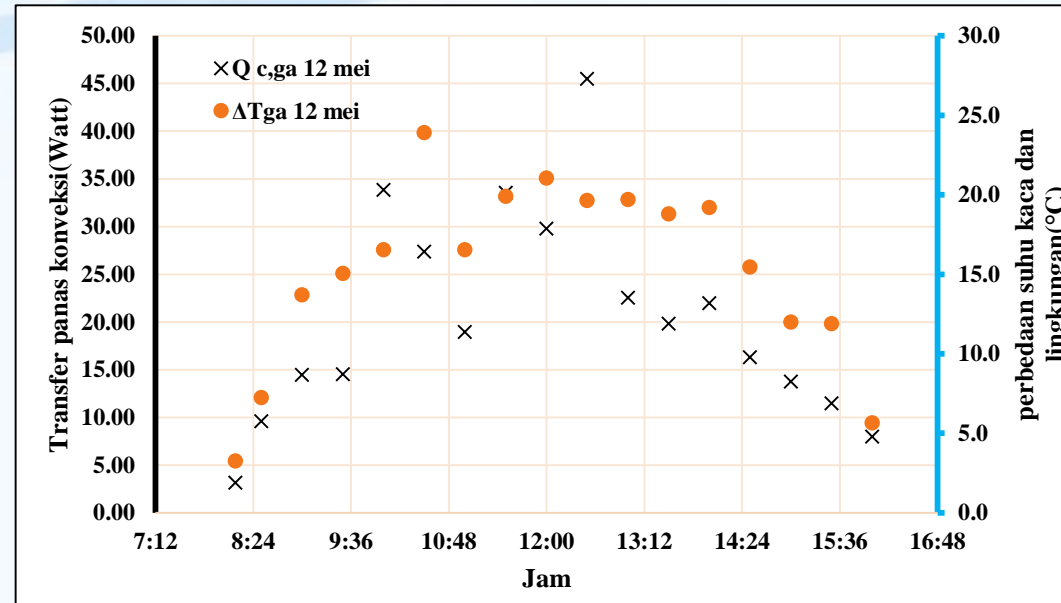
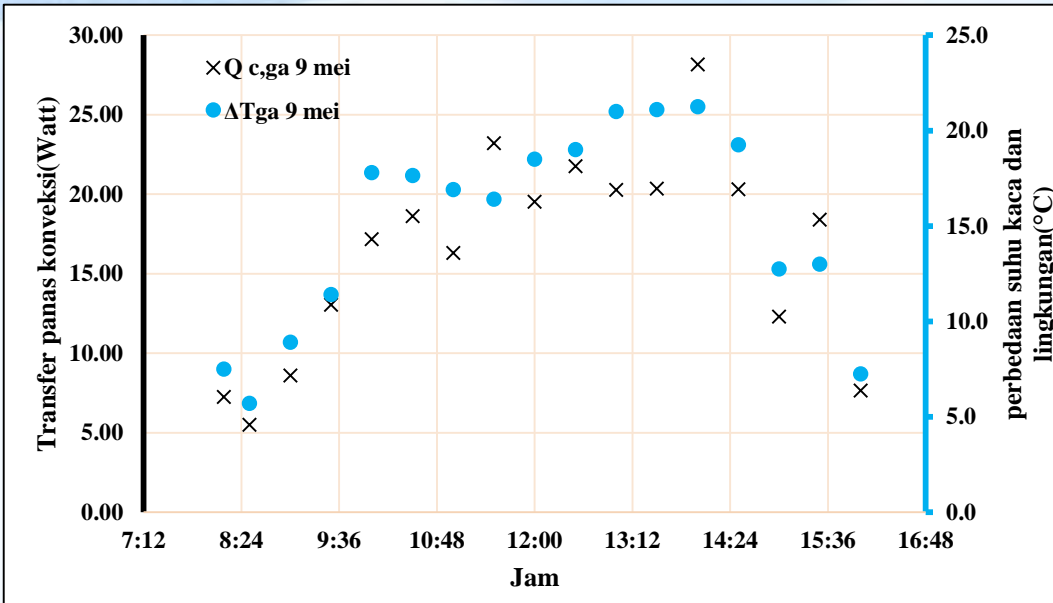
- Tanggal 9 mei, evaporasi terjadi pada pukul 12.30 saat $\Delta T_{wg} = 2.2^{\circ}\text{C}$
- Tanggal 12 mei dan 13 mei, evaporasi terjadi pada pukul 11.00 saat $\Delta T_{wg} = 0.9^{\circ}\text{C}$ dan 0.8°C
- Perpindahan panas konveksi terjadi ketika selisih suhu antara air dan kaca bernilai positif
- Dari waktu awal pengujian, tidak terjadi evaporasi karena selisih suhu antara air dan kaca bernilai negatif

Perpindahan panas radiasi air-kaca pada tahap IV (Distilasi menggunakan absorber, tinggi permukaan air 1.5 cm, volume air 2 L)



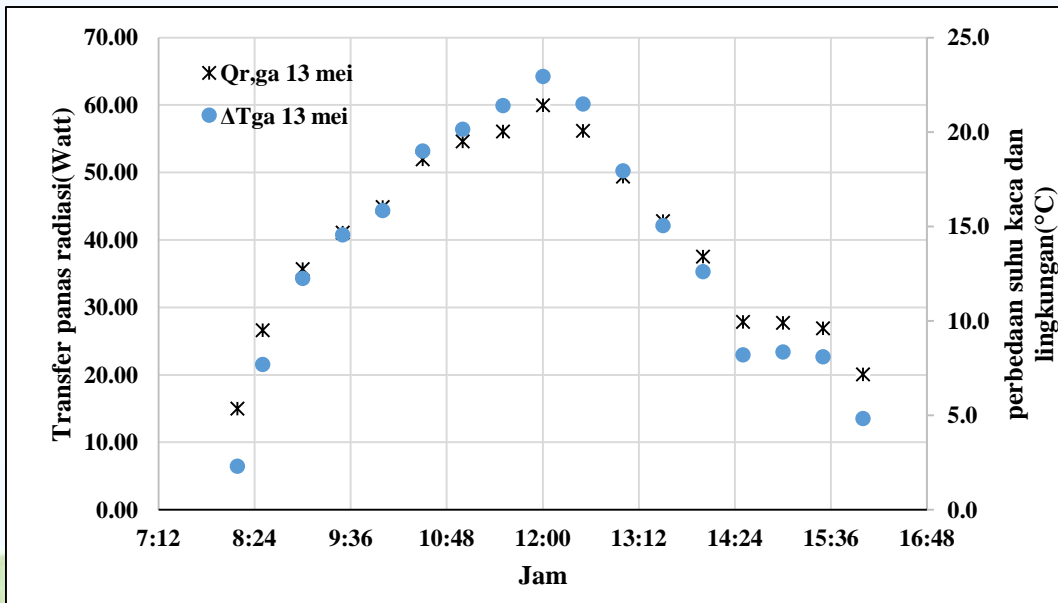
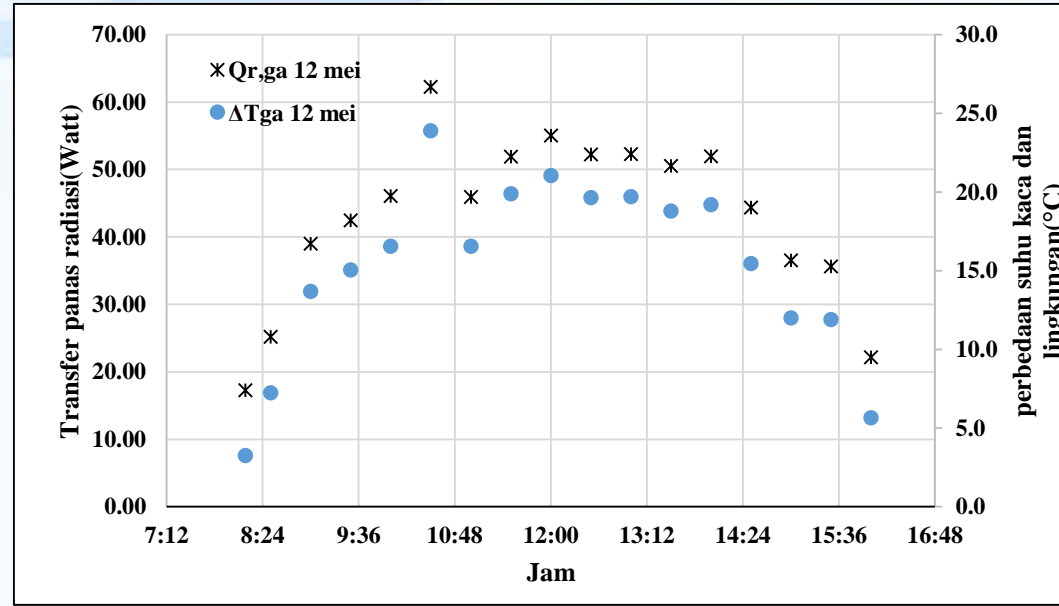
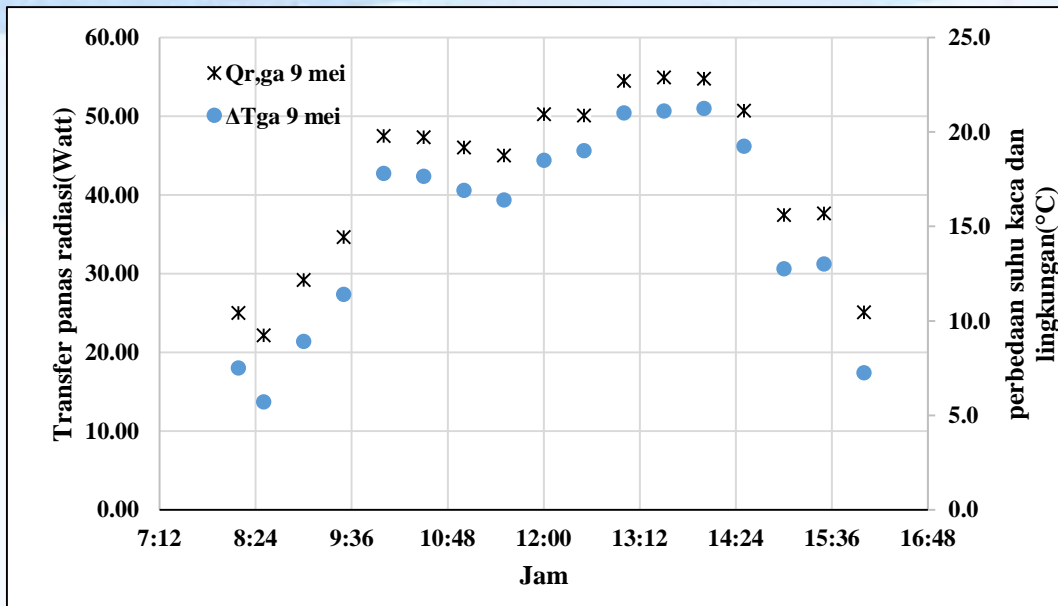
- Radiasi terjadi bersamaan dengan konveksi dan evaporasi untuk tanggal 9 mei, radiasi dari air ke kaca terjadi pada pukul 12.30 saat $\Delta T_{wg} = 2.2^\circ\text{C}$ sedangkan tanggal 12 mei dan 13 mei, radiasi terjadi pada pukul 11.00 saat $\Delta T_{wg} = 0.9^\circ\text{C}$ dan 0.8°C
- Perpindahan panas konveksi, evaporasi dan radiasi dari permukaan air ke permukaan kaca terjadi pada waktu yang bersamaan karena bergantung pada selisih suhu air dan kaca

Perpindahan panas konveksi dari kaca ke lingkungan pada tahap IV (Distilasi menggunakan absorber, tinggi permukaan air 1.5 cm, volume air 2 L)



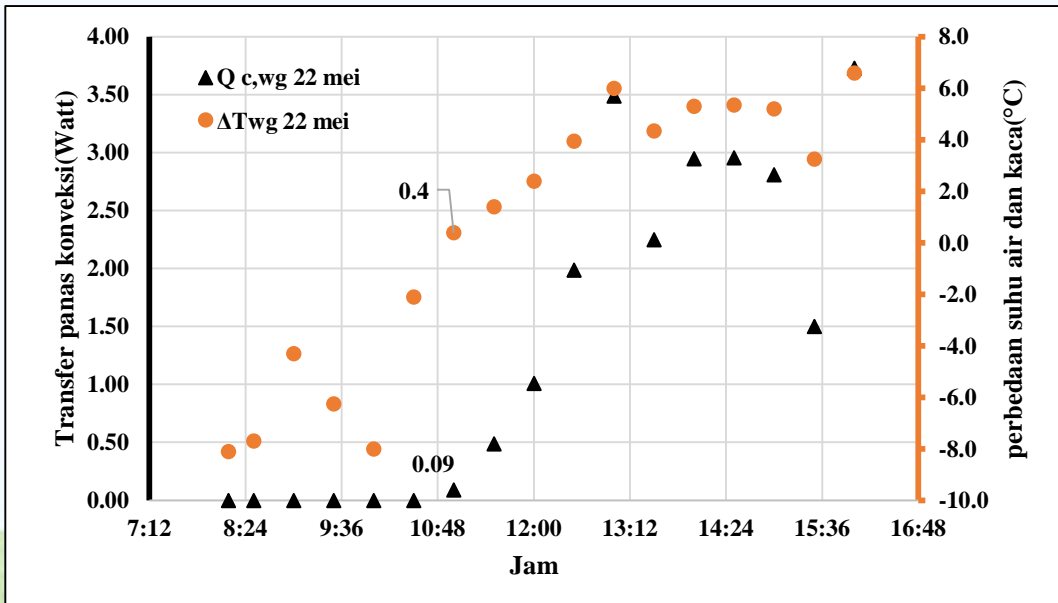
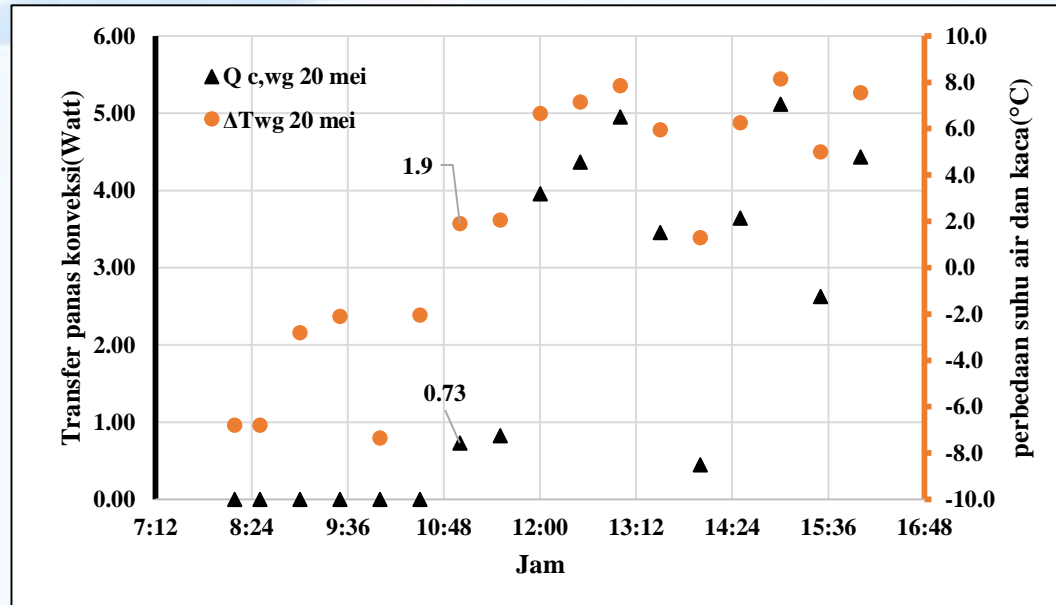
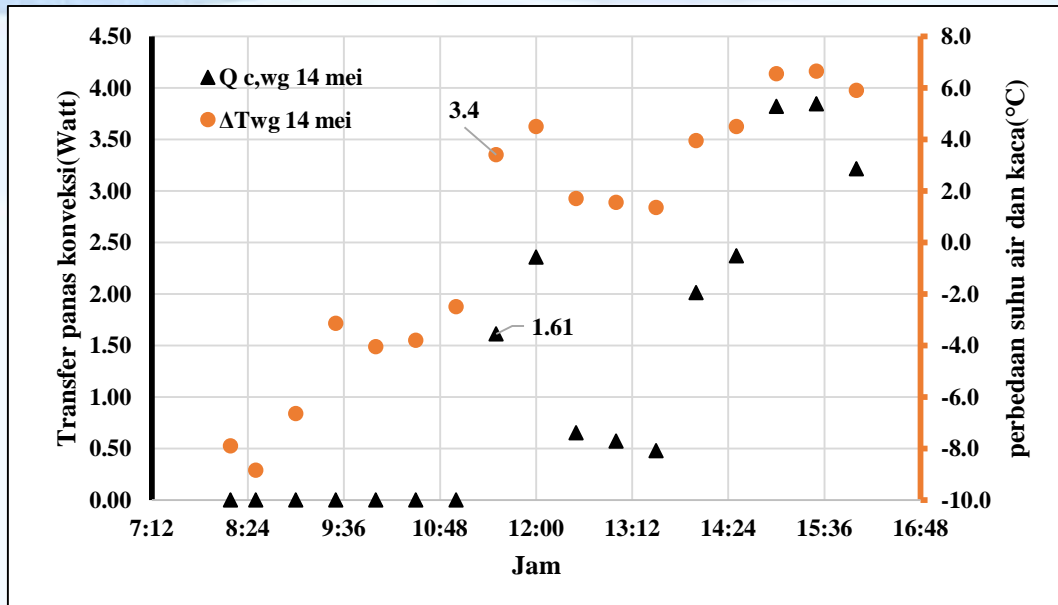
- ❖ Panas yang dikonveksikan meningkat seiring meningkatnya perbedaan suhu antara kaca dan lingkungan.
- ❖ Sistem telah mengalami perpindahan panas sejak waktu awal pengujian karena suhu permukaan kaca bagian luar lebih tinggi dari suhu lingkungan sejak waktu awal pengujian.

Perpindahan panas konveksi dari kaca ke lingkungan pada tahap IV (Distilasi menggunakan absorber, tinggi permukaan air 1.5 cm, volume air 2 L)



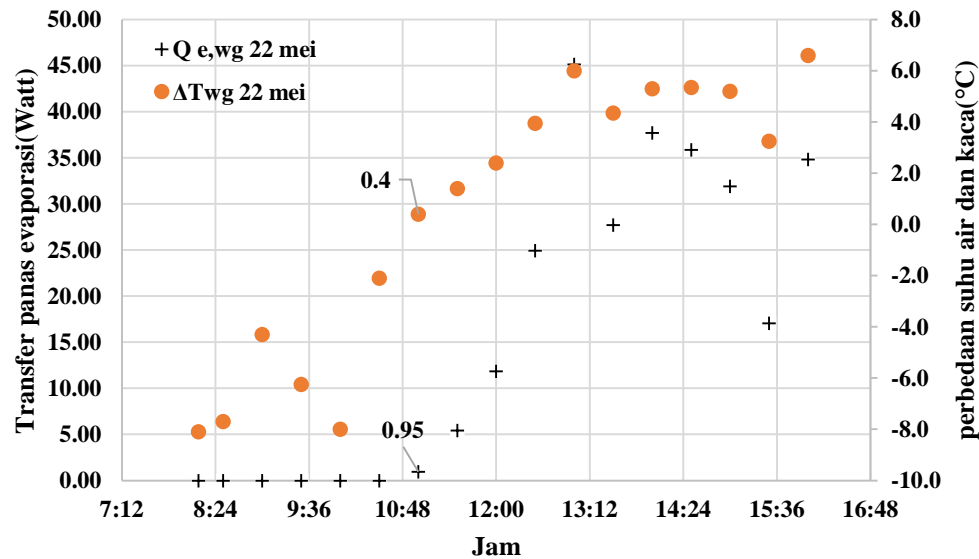
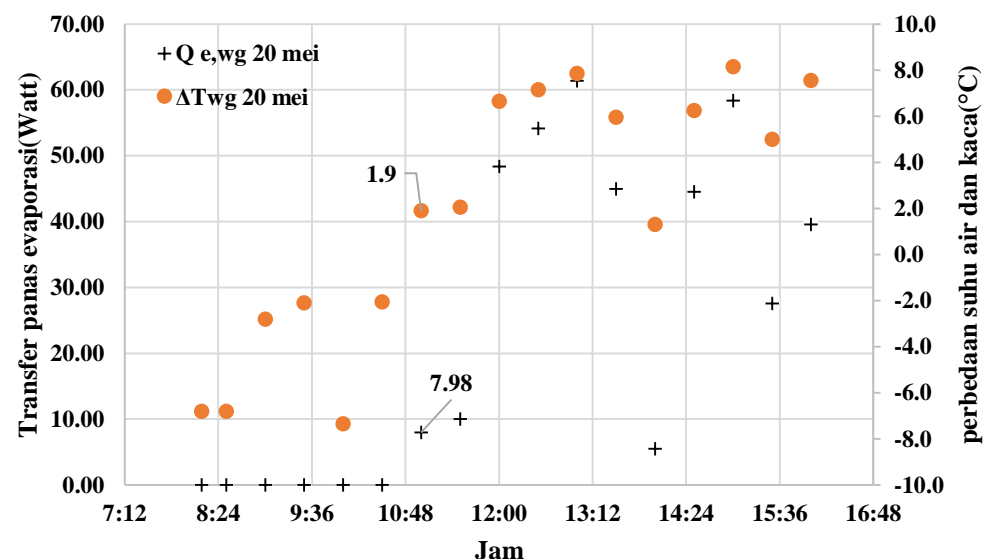
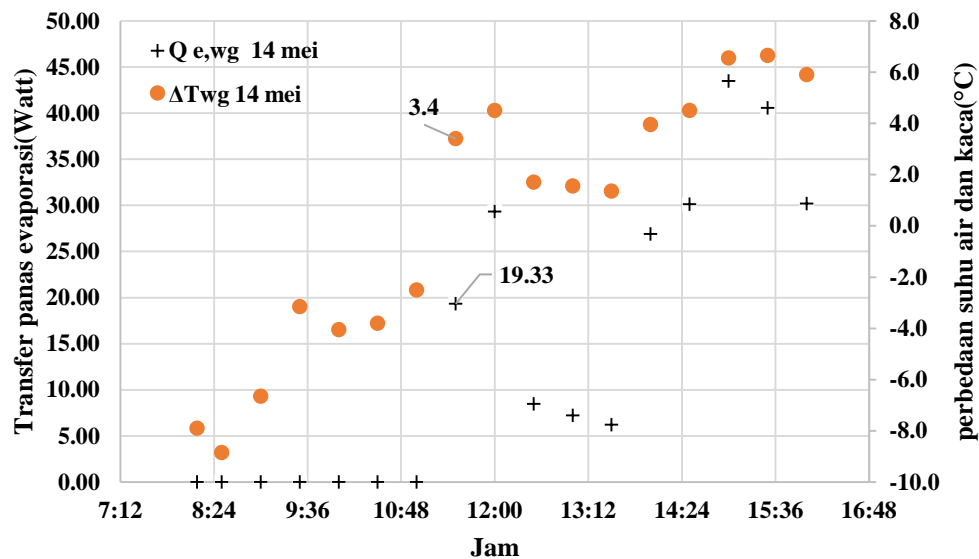
- ❖ Panas yang diradiasikan meningkat seiring meningkatnya perbedaan suhu antara kaca dan lingkungan.
- ❖ Sistem telah mengalami perpindahan panas sejak waktu awal pengujian karena suhu permukaan kaca bagian luar lebih tinggi dari suhu lingkungan sejak waktu awal pengujian.

5. Perpindahan panas konveksi air-kaca pada tahap V (Distilasi menggunakan absorber, tinggi permukaan air 2.0 cm, volume air 4 L)



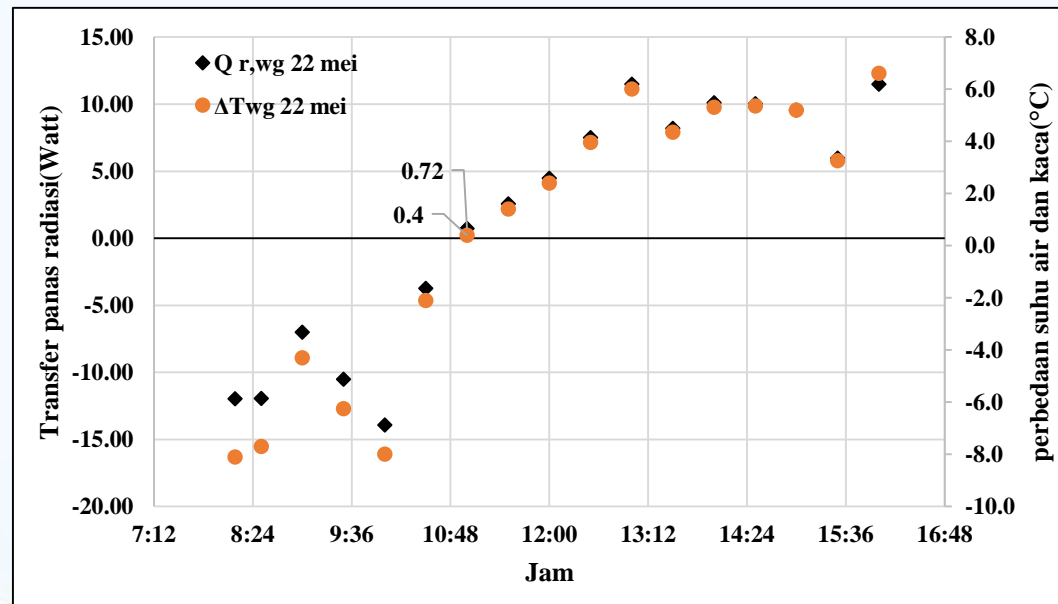
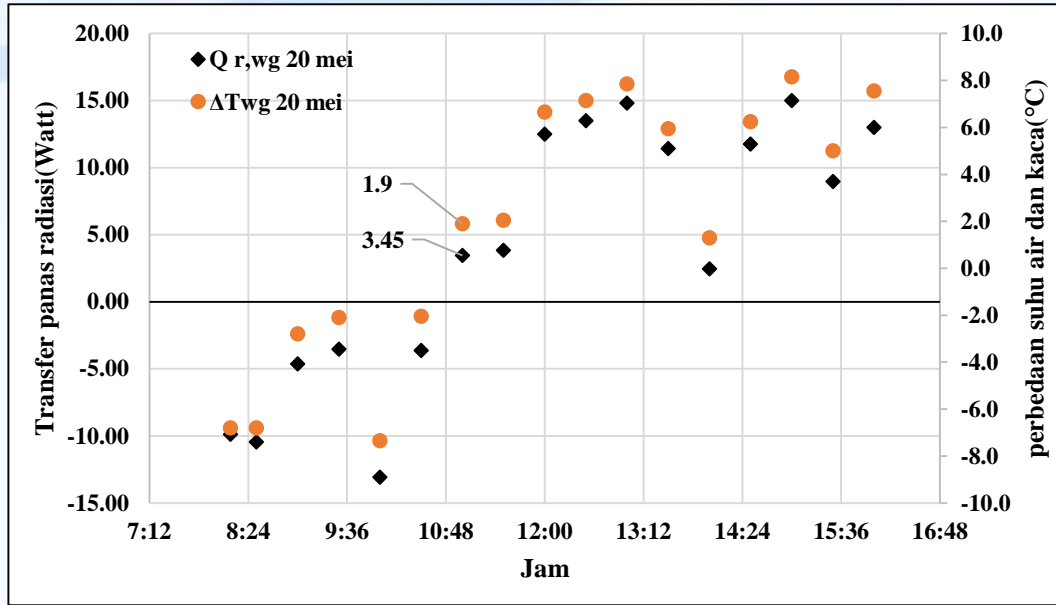
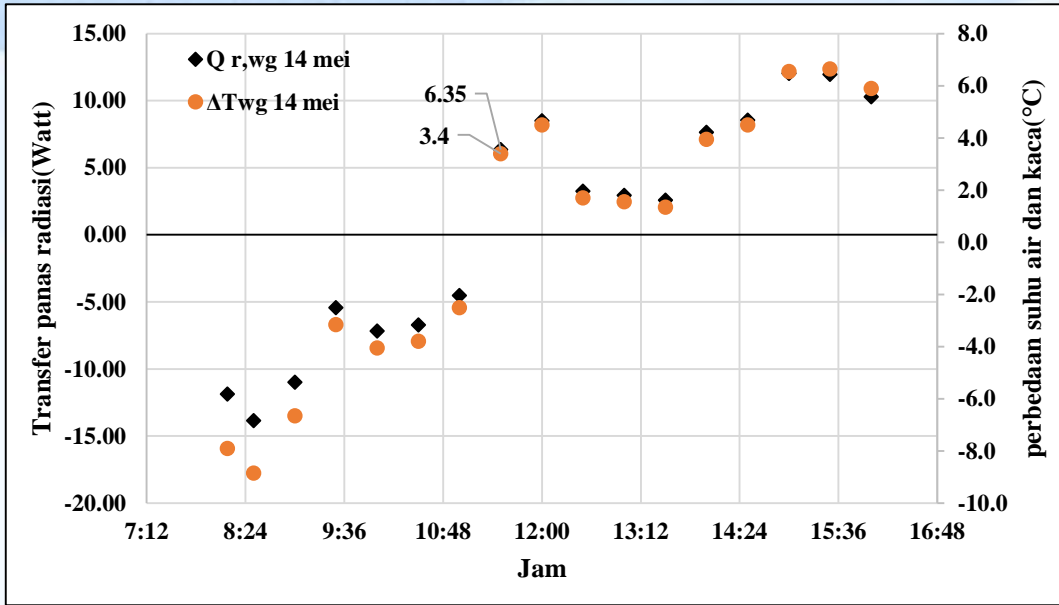
- Tanggal 14 mei panas dikonveksikan ketika $\Delta T_{wg} = 3.4^{\circ}\text{C}$ pada pukul 11.30, tanggal 20 mei ketika $\Delta T_{wg} = 1.9^{\circ}\text{C}$ pada pukul 11.00 dan tanggal 22 mei ketika $\Delta T_{wg} = 0.4^{\circ}\text{C}$ pada pukul 11.00.
- Ketika selisih suhu antara air dan kaca bernilai negatif maka tidak ada panas yang dikonveksikan dari air ke kaca

Perpindahan panas evaporasi air-kaca pada tahap V (Distilasi menggunakan absorber, tinggi permukaan air 2.0 cm, volume air 4 L)

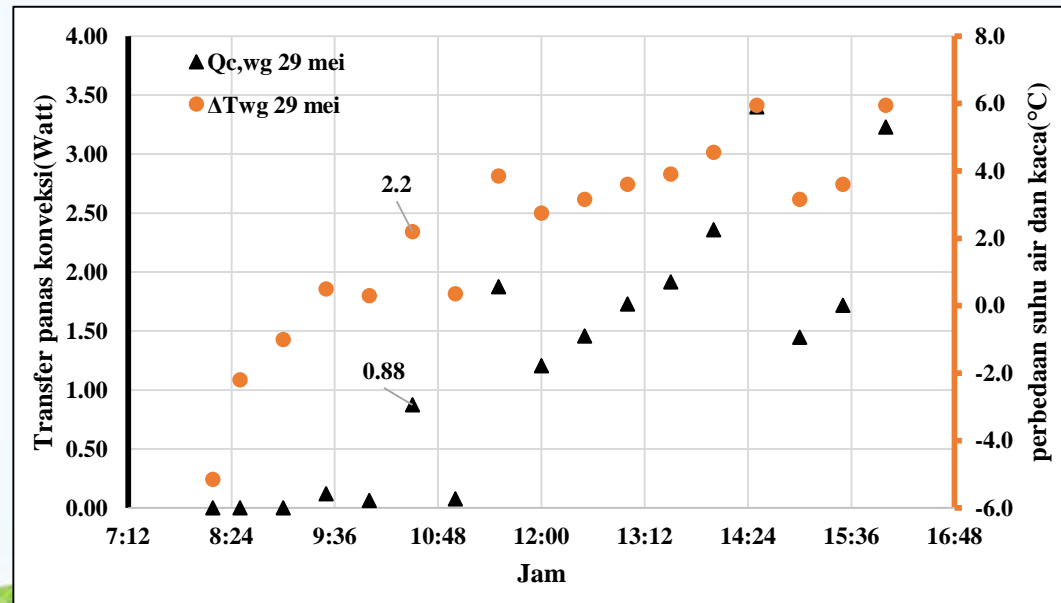
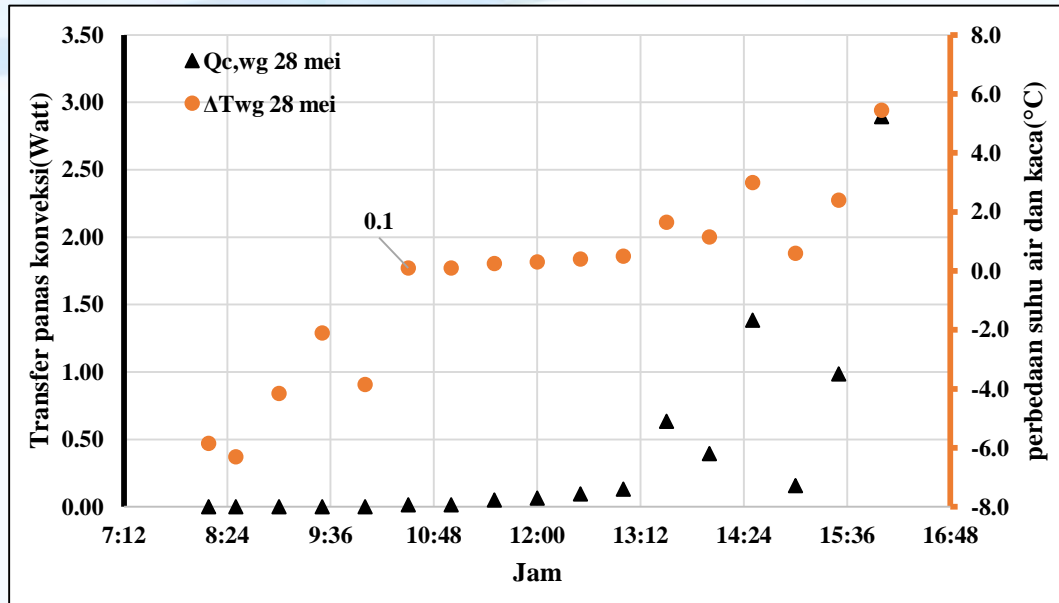
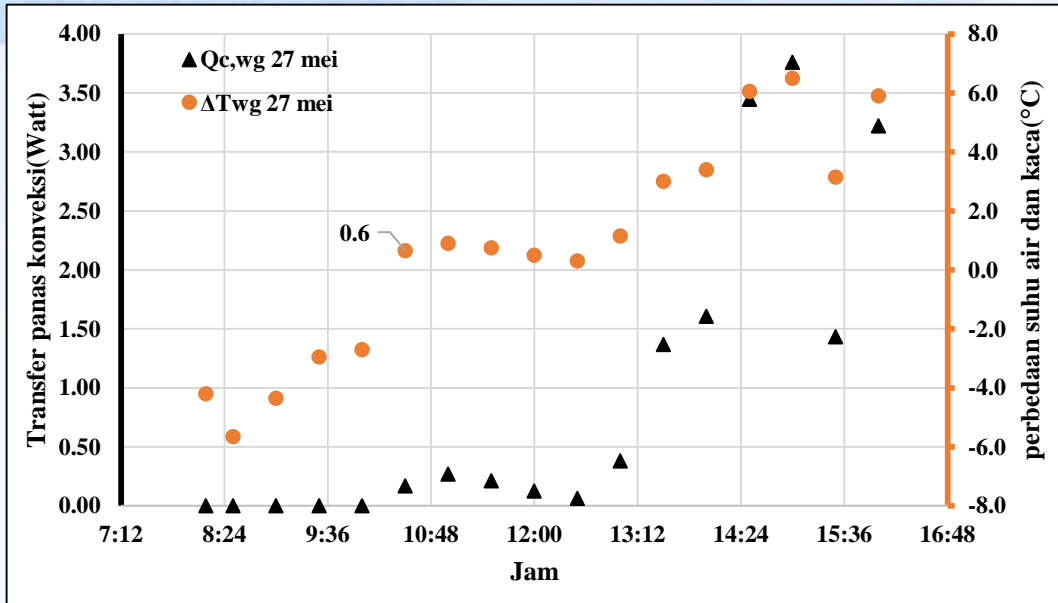


- Tanggal 14 mei terjadi evaporasi ketika $\Delta T_{wg} = 3.4^{\circ}\text{C}$ pada pukul 11.30, tanggal 20 mei ketika $\Delta T_{wg} = 1.9^{\circ}\text{C}$ pada pukul 11.00 dan tanggal 22 mei ketika $\Delta T_{wg} = 0.4^{\circ}\text{C}$ pada pukul 11.00.
- Ketika selisih suhu antara air dan kaca bernilai negatif maka tidak terjadi proses evaporasi.

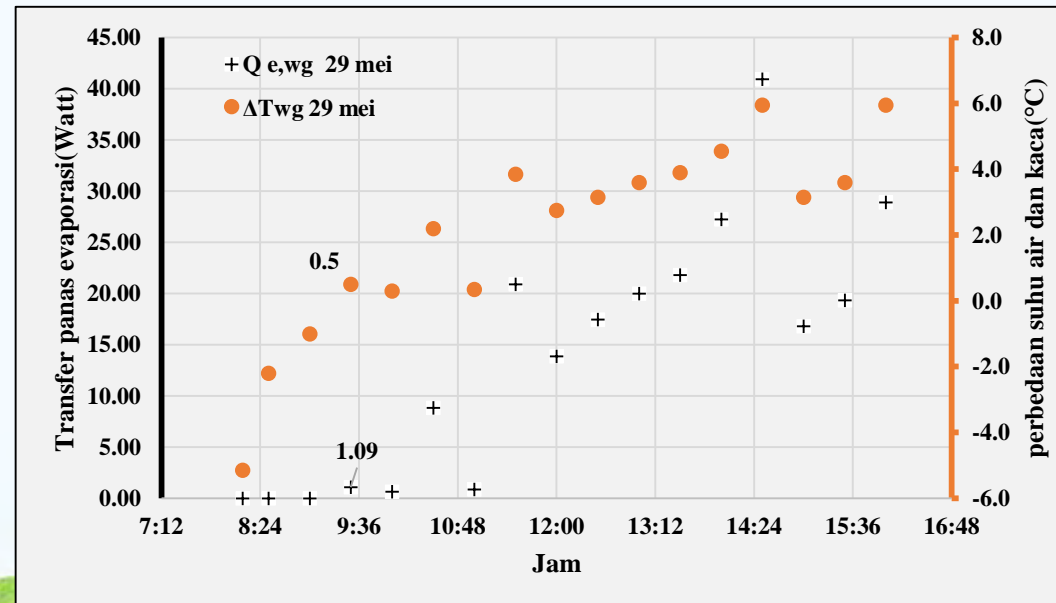
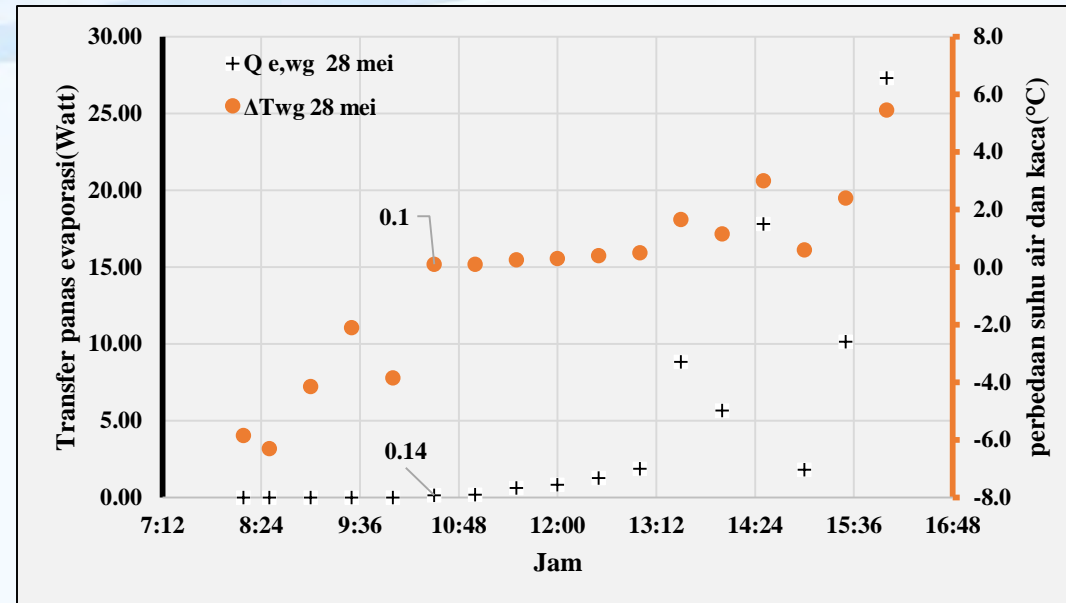
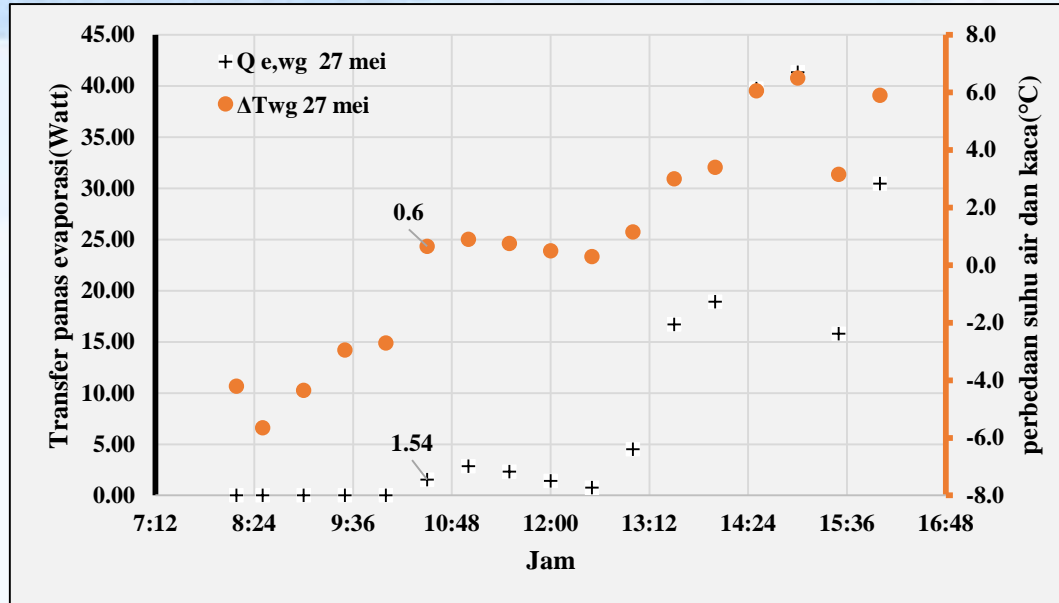
Perpindahan panas radiasi air-kaca pada tahap V (Distilasi menggunakan absorber, tinggi permukaan air 2.0 cm, volume air 4 L)



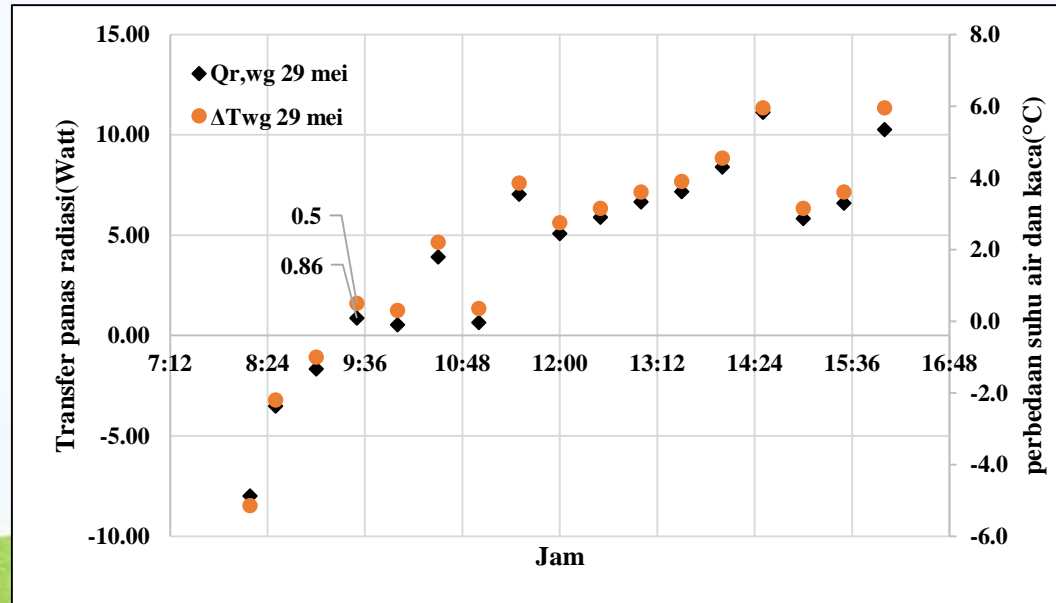
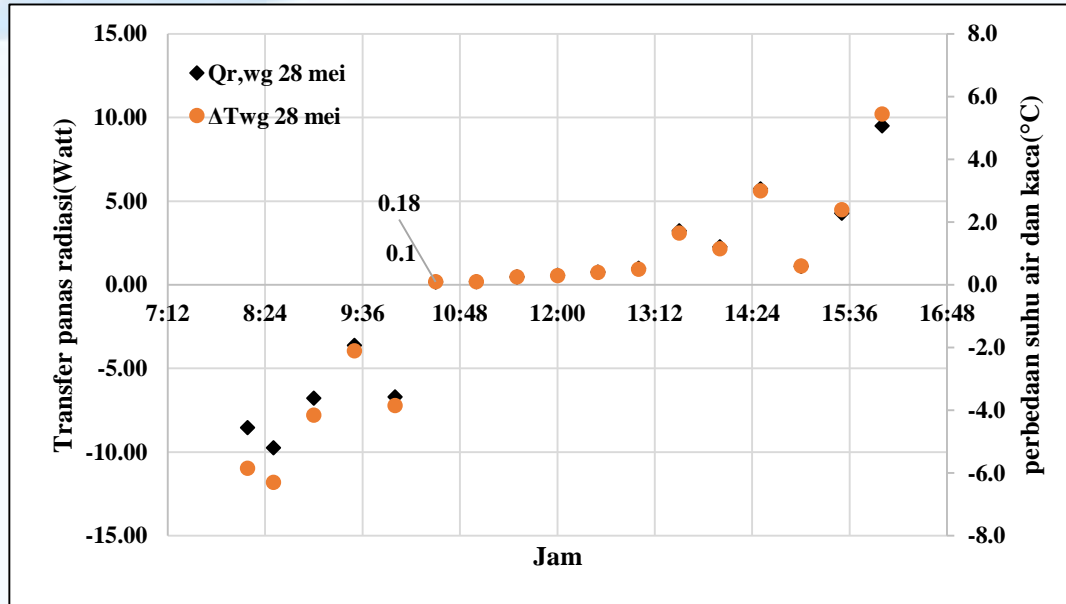
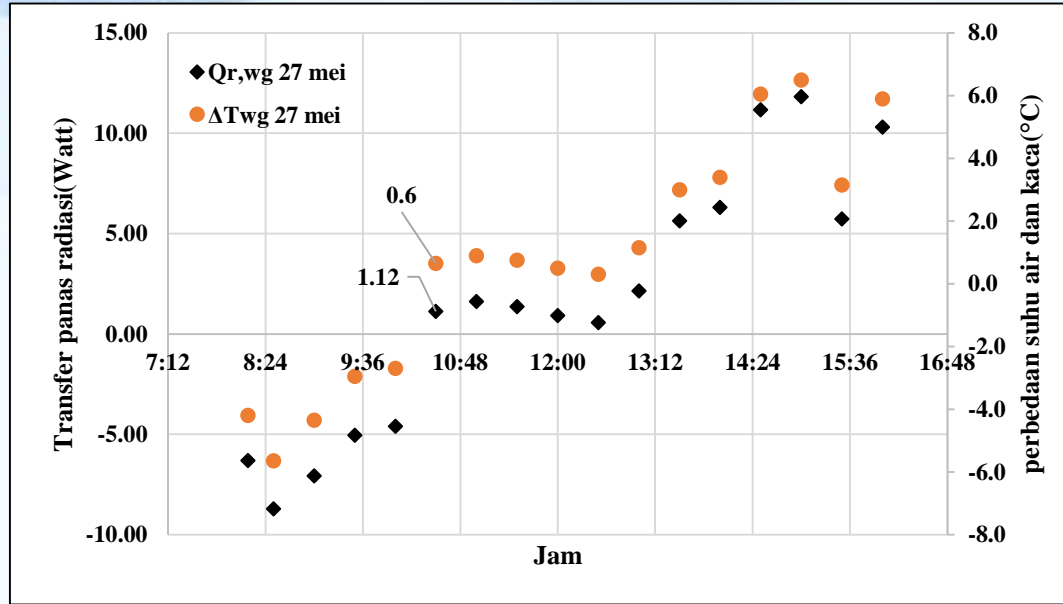
6. Perpindahan panas konveksi air-kaca pada tahap VI (Distilasi menggunakan absorber, tinggi permukaan air 2.0 cm, volume air 4 L, permukaan absorber dicat hitam)



Perpindahan panas konveksi air-kaca pada tahap VI (Distilasi menggunakan absorber, tinggi permukaan air 2.0 cm, volume air 4 L, permukaan absorber dicat hitam)



Perpindahan panas radiasi air-kaca pada tahap VI (Distilasi menggunakan absorber, tinggi permukaan air 2.0 cm, volume air 4 L, permukaan absorber dicat hitam)



Efisiensi Sistem Distilasi Tenaga Surya

- Perhitungan efisiensi Sistem Distilasi Tenaga Surya per hari menggunakan persamaan :

$$\eta = \frac{M \times h_{fg}}{A_b \times I(t) \times \Delta t} \times 100\%$$

1. Tahap I

- Tinggi permukaan air laut = $1.5 \times 10^{-2} \text{m}$
- Volume air laut = 4 L
- Tanpa Absorber

Data hasil pengujian sistem distilasi pada tahap I

Hari	Volume hasil distilasi	Massa Total M (kg)	Panas laten penguapan H_{fg} (J/kg)	Radiasi matahari I (Watt/m ²)	Waktu pengujian t (s)	Efisiensi Sistem η
17 Maret	352 mL	3.52×10^{-1}	2386185.91	667	30600	16.41 %
18 Maret	487 mL	4.87×10^{-1}	2373716.31	900	30600	16.74 %
26 Maret	584 mL	5.84×10^{-1}	2371159.62	956	30600	18.87 %

- Efisiensi rata-rata untuk tahapan I sebesar 17.34 % dan massa total rata-rata air tawar yang diperoleh $4.74 \times 10^{-1} \text{ kg}$ (474 mL)

2. Tahap II

- Tinggi permukaan air laut = 2.0×10^{-2} m
- Volume air laut = 6 L
- Tanpa Absorber

Data hasil pengujian sistem distilasi pada Tahap II

Hari	Volume hasil distilasi	Massa Total M (kg)	Panas laten penguapan H_{fg} (J/kg)	Radiasi matahari I (Watt/m ²)	Waktu pengujian t (s)	Efisiensi Sistem η
23 Mei	294 mL	2.94×10^{-1}	2392902.08	754	28800	12.92 %
25 Mei	323 mL	3.23×10^{-1}	2373716.31	764	28800	13.89 %
26 Mei	380 mL	3.80×10^{-1}	2371159.62	873	28800	14.30 %

- Efisiensi rata-rata untuk pengujian system distilasi dengan tinggi permukaan 2 cm sebesar 13.70 % sehingga mengalami penurunan efisiensi 3.64 % dibandingkan pengujian system distilasi menggunakan tinggi permukaan 1.5 cm.
- Penurunan efisiensi ini disebabkan karena volume air pada system distilasi dengan permukaan 2 cm sebesar 6 L sedangkan system distilasi dengan tinggi permukaan air 1.5 cm memiliki volume air sebesar 4 L sehingga membutuhkan waktu pemanasan awal yang lebih lama.
- Rahul Dev dan Wasil Jamal juga menemukan bahwa hasil distilasi mengalami penurunan dengan meningkatnya permukaan air di dalam system distilasi tenaga surya

3. Tahap III

- Tinggi permukaan air laut = 2.0×10^{-2} m
- Volume air laut = 6 L
- Tanpa Absorber
- Dasar bak penampung dicat hitam

Data hasil pengujian sistem distilasi pada Tahap III

Hari	Volume hasil distilasi	Massa Total M (kg)	Panas laten penguapan H_{fg} (J/kg)	Radiasi matahari I (Watt/m ²)	Waktu pengujian t (s)	Efisiensi Sistem η
2 Juni	307 mL	3.07×10^{-1}	2395224.26	664	30600	14.43 %
3 Juni	469 mL	4.69×10^{-1}	2382959.19	801	30600	18.18 %
4 Juni	497 mL	4.97×10^{-1}	2383900.76	817	30600	18.89 %

- Efisiensi rata-rata untuk system distilasi dengan permukaan dasar bak berwarna hitam sebesar 17.17 % sehingga mengalami peningkatan efisiensi 3.47 % dibandingkan dengan system distilasi yang dasar bak tidak dicat hitam untuk tinggi permukaan air yang sama (2cm).
- Pengecatan warna hitam pada bak penampungan dapat meningkatkan proses penyerapan panas sehingga proses evaporasi lebih cepat terjadi.
- Hasil penelitian yang dilakukan oleh Murugavel juga menyarankan untuk mengecat hitam permukaan bak untuk meningkatkan daya serap radiasi matahari

4. Tahap IV

Data hasil pengujian sistem distilasi pada Tahap IV

- Tinggi permukaan air laut = $1.5 \times 10^{-2} \text{ m}$
- Volume air laut = 2 L
- Menggunakan Absorber

Hari	Volume hasil distilasi	Massa Total M (kg)	Panas laten penguapan H_{fg} (J/kg)	Radiasi matahari I (Watt/m ²)	Waktu pengujian t (s)	Efisiensi Sistem η
9 Mei	342 mL	3.42×10^{-1}	2387370.81	845	30600	11.02 %
12 Mei	300 mL	3.00×10^{-1}	2379922.90	840	30600	9.68 %
13 Mei	279 mL	2.79×10^{-1}	2384112.35	684	30600	11.09 %

- Efisiensi rata-rata untuk system distilasi menggunakan absorber sebesar 10.60% sehingga penggunaan absorber pada system distilasi mengalami penurunan efisiensi 6.74% dibandingkan dengan system distilasi tanpa absorber untuk tinggi permukaan air yang sama ($1.5 \times 10^{-2} \text{ m}$).
- Penurunan efisiensi disebabkan oleh penggunaan absorber yang mengurangi luas permukaan air yang mengalami penguapan.

5. Tahap V

- Tinggi permukaan air laut = 2.0×10^{-2} m
- Volume air laut = 4 L
- Menggunakan Absorber

Data hasil pengujian sistem distilasi pada Tahap V

Hari	Volume hasil distilasi	Massa Total M (kg)	Panas laten penguapan H_{fg} (J/kg)	Radiasi matahari I (Watt/m ²)	Waktu pengujian t (s)	Efisiensi Sistem η
14 Mei	459 mL	4.59×10^{-1}	2383946.60	821	30600	15.19 %
20 Mei	491 mL	4.91×10^{-1}	2386058.96	815	30600	16.38 %
22 Mei	489 mL	4.89×10^{-1}	2386245.86	844	30600	15.77 %

- Efisiensi rata-rata untuk system distilasi menggunakan absorber sebesar 15.78% sehingga penggunaan absorber pada system distilasi dengan tinggi permukaan air 2.0×10^{-2} m mengalami peningkatan efisiensi 5.18% dibandingkan dengan system distilasi menggunakan absorber dengan ketinggian air 1.5×10^{-2} m. Hal ini terjadi karena luas permukaan air yang mengalami penguapan pada system dengan tinggi permukaan air 2 cm lebih besar dibandingkan pada system dengan tinggi permukaan air 1.5 cm.
- Penggunaan absorber pada system distilasi mengalami peningkatan efisiensi 15.18% dibandingkan dengan sistem distilasi tanpa absorber untuk tinggi permukaan air yang sama yaitu 2 cm. Ini disebabkan karena penggunaan absorber dapat mengurangi jumlah air di dalam system distilasi dari 6 L menjadi 4 L tanpa harus mengurangi tinggi permukaan air sehingga waktu pemanasan awal pun semakin cepat.

6. Tahap VI

- Tinggi permukaan air laut = 2.0×10^{-2} m
- Volume air laut = 4 L
- Menggunakan Absorber
- Absorber dicat hitam

Data hasil pengujian sistem distilasi pada Tahap VI

Hari	Volume hasil distilasi	Massa Total M (kg)	Panas laten penguapan H_{fg} (J/kg)	Radiasi matahari I (Watt/m ²)	Waktu pengujian T (s)	Efisiensi Sistem η
27 Mei	514 mL	5.14×10^{-1}	2388449.91	835	30600	16.76 %
28 Mei	512 mL	5.12×10^{-1}	2382895.71	847	30600	16.42 %
29 Mei	561 mL	5.61×10^{-1}	2385604.04	814	30600	18.74 %

- Efisiensi rata-rata untuk system distilasi menggunakan absorber berwarna hitam sebesar 17.31% sehingga Sistem distilasi menggunakan *absorber* berwarna hitam mengalami peningkatan efisiensi sebesar 1.53 % dibandingkan dengan penggunaan *absorber* yang tidak dicat hitam dan 0.13 % terhadap sistem distilasi tanpa menggunakan *absorber* untuk tinggi permukaan air yang sama (2.0×10^{-2} m).
- Hasil penelitian yang dilakukan oleh Murugavel juga menyarankan untuk mengecat hitam permukaan bak untuk meningkatkan daya serap radiasi matahari
- Massa total air tawar yang dihasilkan pada penggunaan absorber berwarna hitam rata-rata sebanyak 5.29×10^{-1} kg (529 mL) sedangkan untuk system distilasi dengan absorber yang tidak berwarna hitam menghasilkan 4.80×10^{-1} kg (480 mL) sehingga produktivitas air tawar meningkat 10.28% dan dibandingkan dengan sistem tanpa menggunakan absorber (dasar bak dicat hitam) yang menghasilkan 4.24×10^{-1} kg (424 mL) maka produktivitas meningkat 24.67 %.
- V.Velmurugan menemukan bahwa penggunaan absorber berbentuk persegi pada system distilasi dapat meningkatkan produktivitas air tawar sebesar 30%.
- A.M.Burbano menemukan bahwa konfigurasi aluminium dan serbuk gergaji sebagai bak dan isolator pada system distilasi menghasilkan air sebanyak 4.10×10^{-1} kg (410 mL) dengan efisiensi system 17%.

Hasil pengukuran TDS, Salinitas, Konduktivitas Listrik dan pH

Tanggal	TDS			Salinitas			Konduktivitas listrik			pH	
	Awal	Akhir	Penurunan %	Awal	Akhir	Penurunan %	Awal	Akhir	Penurunan %	Awal	Akhir
17 maret	17.2 ppt	126 ppm	99.27	20.4 ppt	0.19 ppt	99.07	34.4 mS	259 μ S	99.25	-	-
18 maret	19.6 ppt	44.7 ppm	99.77	23.6 ppt	0.04 ppt	99.83	39.5 mS	89.1 μ S	99.77	-	-
23 mei	14.5 ppt	521 ppm	96.41	17.1 ppt	0.70 ppt	95.91	29.0 mS	1042 μ S	96.41	5.84	5.84
25 mei	15.2 ppt	191 ppm	98.74	17.9 ppt	0.19 ppt	98.94	30.0 mS	384 μ S	98.72	5.84	5.84
26 mei	3.52 ppt	206 ppm	94.15	7.98 ppt	0.21 ppt	97.37	6.95 mS	408 μ S	94.13	5.85	5.86
28 mei	16.3 ppt	1.14 ppm	99.99	19.4 ppt	0.01 ppt	99.95	32.4 mS	1.87 μ S	99.99	5.86	5.86
29 mei	15.0 ppt	17.5 ppm	99.88	17.6 ppt	0.02 ppt	99.89	30.1 mS	34.6 μ S	99.89	5.89	5.88
2 juni	14.1 ppt	190 ppm	98.65	16.5 ppt	0.19 ppt	98.85	28.0 mS	372 μ S	98.67	5.89	5.89
3 juni	13.4 ppt	109 ppm	99.19	14.5 ppt	0.10 ppt	99.31	26.7 mS	176.5 μ S	99.34	5.9	5.9
4 juni	10.1 ppt	20.1 ppm	99.80	12.6 ppt	0.02 ppt	99.84	24.3 mS	39.6 μ S	99.84	5.9	5.91
Rata-rata			98.59			98.89			98.60		

Kesimpulan

1. **Sistem distilasi air laut tenaga surya telah berhasil dibuat**
2. **Proses perpindahan panas di dalam alat distilasi tenaga surya terjadi ketika suhu air lebih tinggi dari suhu kaca**
3. **Produktivitas maksimum yang dihasilkan sistem distilasi dengan penambahan pelat absorber berbentuk gelombang segitiga sebanyak 5.29×10^{-1} kg (529 mL) sehingga penggunaan absorber berbentuk gelombang segitiga dapat meningkatkan produktivitas system distilasi sebesar 24.67 %.**
4. **Efisiensi maksimum yang diperoleh pada pengujian system distilasi air laut tenaga surya dengan penambahan absorber berbentuk gelombang segitiga adalah 17.31 %**



Terima Kasih